علم الأجنة الوصفي المقارن



أ.د. صالح عبد العزيز الكريم

د. فاطمة محمد سعد ناظم القدسي

مكتبة الشقري
Al-Shegrey Bookstore

٢٠١٥م

بسم الله الرحمن الرحيم

ⓗ جامعة الملك عبدالعزيز ـ مركز النشر العلمي، ١٤٢٩هـ

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

الكريّم، صالح بن عبدالعزيز

علم الأجنة الوصفي المقارن، صالح بن عبدالعزيز الكريّم ـ جدة، ١٤٢٩هـ

٢٥٦ صفحة، ١٧×٢٤سم

ردمك: ٦ - ٤٩٥ - ٠٦ - ٩٩٦٠ - ٩٧٨

١. علم الأجنة أ. العنوان

ديوي ٦١٢,٦٤ ١٤٢٩/٥٣٥٩

رقم الإيداع: ١٤٢٩/٥٣٥٩

ردمك: ٦ - ٤٩٥ - ٠٦ - ٩٩٦٠ - ٩٧٨

الطبعة الأولى ١٤٢٩هـ (٢٠٠٨م)

مقدمة

الحمدلله رب العالمين، إله الخلق أجمعين، والصلاة والسلام على سيدنا ونبينا محمد وعلى آله وصحبه وسلم.

كان لكتاب (المدخل إلى علم الأجنة الوصفي والتجريبي) دورا أساسيا في مساعدة الأساتذة والطلاب في المستويين الجامعي والثانوي على استيعاب علم الأجنة بفرعيه الوصفي والتجريبي كما كان يمثل أول كتاب على مستوى الوطن العربي يجمع بين الوصفي والتجريبي حيث كان المتداول مقصورا على الوصفي والمقارن فقط، واستجابة لما طلبه العديد من الزملاء والزميلات خاصة الأستاذ الدكتور أحمد الحميدي من جامعة الملك سعود الذي كان يرى ضرورة أن يكون هناك كتابا مستقلا لعلم الأجنة التجريبي وقد تولى بنفسه تحقيق ذلك من خلال الجزء الخاص في الكتاب الأساسي، كما تولت الدكتورة فاطمة القدسي ما يخص علم الأجنة الوصفي فكان الكتاب في حلته الجديدة (علم الأجنة الوصفي المقارن).

إن هذا الكتاب بطبعته الجديدة يمتاز بأنه أصبح مقصورا على علم الأجنة الوصفي المقارن في معظم طوائف الحيوان والتي شملت باب جديدا ولأول مرة للتكوين الجنيني في الأسماك، كما شملت ما استجد في علم الأجنة الوصفي، هذا بالإضافة إلى تعزيز الناحية العلمية بالأشكال والصور التوضيحية الملونة.

ولأن علم الأجنة من العلوم التي ترتبط بالخالق - سبحانه وتعالى - فقد أضفنا بابا مستقلا في نهاية الكتاب لتوضيح جوانب من الإعجاز العلمي في القرآن والسنة، راجين من الله العلي القدير أن يجعل عملنا هذا خالصا لوجهه الكريم.

كما نود أن نقدم جزيل الشكر لكل من بذل جهداً معنا، خاصة المراجع اللغوي الأستاذ مدحت خوجلي، والأستاذ خالد المصري الذي قام بتصميم وإخراج الكتاب.

رمضان المبارك ١٤٢٩هـ

المؤلفان

أ.د. صالح بن عبد العزيز الكريّم

د. فاطمة محمد سعد القدسي

1

الباب الأول
المقدمة
INTRODUCTION

- تمهيد وتعريف
- نبذة تاريخية
- نظريات التكوين
- أنواع التكاثر
- التكوين

تمهيد وتعريف:

لقد لفتت ظاهرة تكوين النسل وتشكل الأجيال وتعاقبها في جميع الكائنات نظر الكثير من العلماء وأخذ الكثير منهم يبحث في الأسباب التي تؤدي إلى هذا التكوين للأجيال المتعاقبة، فكانت هناك الكثير من النظريات التخمينية التي وضعت والتي تبين في نهاية القرن التاسع عشر الميلادي وبداية القرن العشرين أنها مجرد نظريات تحمل بعض الدلالات لجانب الحقيقة العلمية، وقبل أن نتطرق إلى هذه النظريات نود أن نعرف بعض المصطلحات العلمية ذات العلاقة بعلم الأجنة.

أ) علم الأجنة الوصفي Descriptive Embryology

هو العلم الذي يبحث في شرح الدراسات الوصفية للأجنة المتكونة منذ بداية تكوين الأمشاج مرورا بعمليات الإخصاب وما يلحقها من مراحل التكوين الجنيني المبكر مثل التفلج والتوتيه morula والمفلجه blastula والجاسترولا gastrula وبداية تكوين الأعضاء organogenesis، كما يُدخل بعض علماء الأجنة دراسة بعض العمليات التكوينية لها بعد فقس البيضة أو الولادة وحتى مرحلة تشبه إلى حد كبير الحيوان اليافع ضمن دراسة علم الأجنة.

ب) علم الأجنة المقارن Comparative Embryology

هو مجموعة الدراسات الوصفية المقارنة للتكوين الجنيني في الطوائف المختلفة الحيوانات، وقد ساعدت هذه الدراسات في معرفة التكوين الجنيني في الإنسان قياسا على أجنة الفقاريات وذلك لصعوبة التوصل إلى أجنة الإنسان في بداية الأمر.

ج) بيولوجيا التكوين Developmental Biology

تشمل دراسة بيولوجيا، التكوين نواحي متعددة على جميع أنواع الأحياء بما فيها الحيوان، سواء ما كانت منها دراسات وصفية أو تجريبية. وقد تشعبت طرق الدراسة ونحت مناحي مختلفة بسبب تنوع الأجهزة المستخدمة وحداثتها. فهناك دراسات يستخدم فيها التحليل

الكيميائي Chemical analysis والطرد المركزي Centrifugation والمجهز الإلكتروني electron microscope والترحيل الكهربائي electrophoresis والرسم الإشعاعي الذاتي autoradiography والمواد الكيميائية المشعة radio chemicals، وتتضمن دراسة بيولوجيا التكوين عدة مستويات فهناك ما له علاقة ببيولوجيا وفسيولوجيا الخلية والكيمياء الحيوية والنواحي الوراثية والبيولوجيا الجزئية وذلك إضافة إلى الدراسات الوصفية والتجريبية وكيمياء الأنسجة، وتقع الدراسات التي تجري حاليا في علم الأجنة بمفهومه الحالي تحت هذا العنوان Developmental Biology.

د) علم الأجنة التجريبي: Experimental Embryology

بعد اكتمال كثير من الشروح الوصفية لعمليات التكوين الجنيني الطبيعي اتجه علماء الأجنة في إجراء تجارب على الأطوار الجنينية المختلفة لتفسير وتحليل ظاهرة التكوين الطبيعي وبعض ظواهر التكوين غير الطبيعية مثل التجدد regeneration والحث الجنيني Induction embryonic، والتلقيح الخارجي in vitro fertilization وغيرها وعرف هذا الحقل من العلم بحقل الأجنة التجريبي.

هـ) تكوين الفرد Ontogeny

يقصد بهذا المصطلح مراحل تكوين الفرد والتي تبدأ بتكوين الأمشاج المذكرة والمؤنثة وتنتهي بتكوين فرد يشبه الأبوين وهذه المرحلة متشابهه إلى حد بعيد في طوائف الحيوان المختلفة التي تتكاثر جنسيا وهي تكوين الأمشاج gametogenesis، الإخصاب fertilization التفلج cleavage، تكوين الجاسترولا gastrulation، تكوين الأعضاء organogenesis.

و) علم التشوهات الخلقية Teratology

انبثق هذا الفرع من العلم من دراسات على الجنة التجريبي وهو يبحث دراسة الأسباب التي تؤدي إلى التشوهات الخلقية وذلك بالتأثير على الأطوار الجنينية بعوامل متنوعة من أهمها:

المواد الكيميائية، الأدوية، الإشعاع، الهرمونات.......

ز) زراعة الأنسجة Tissue Culture

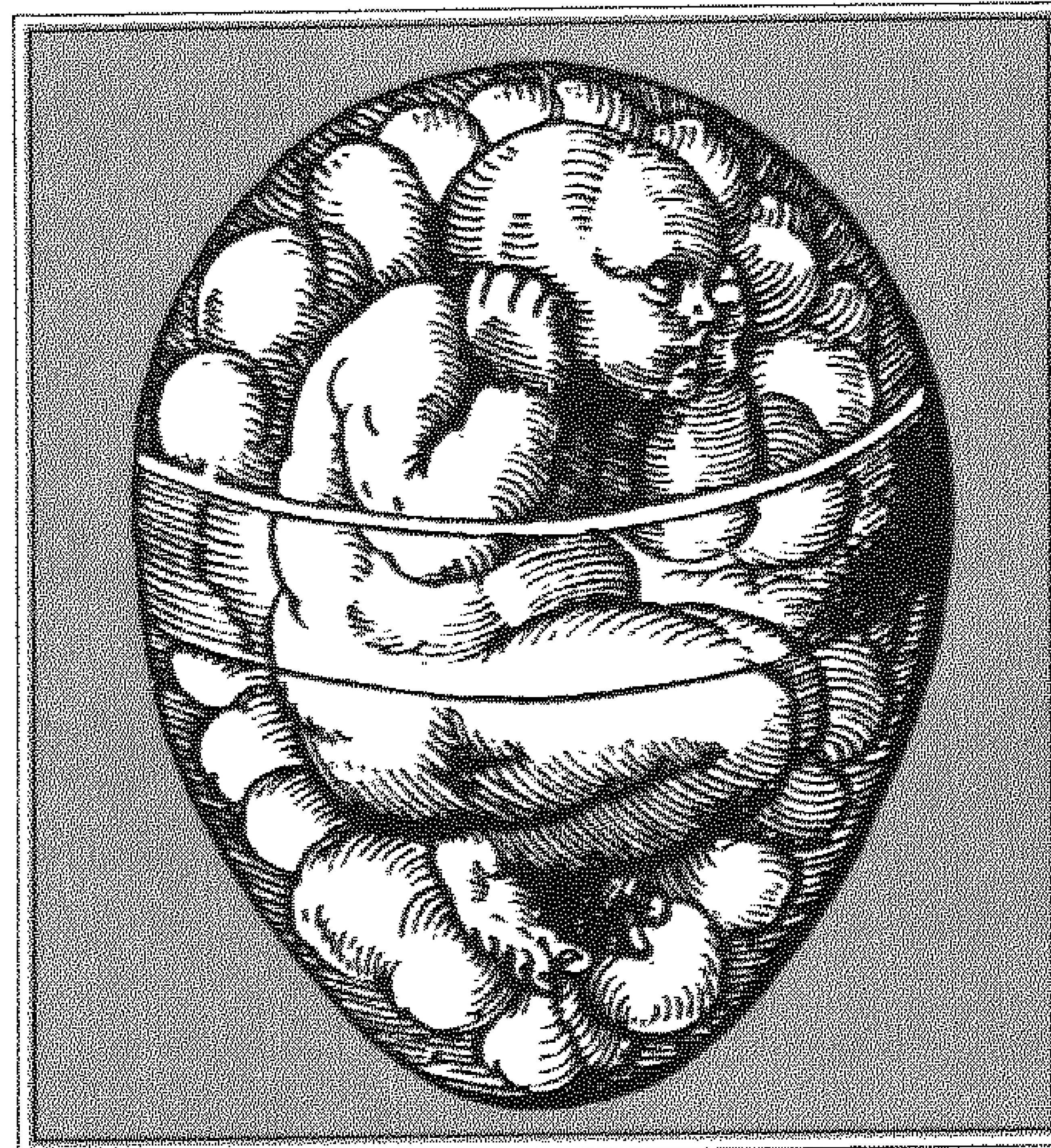
يهتم هذا التخصص بدراسة زراعة كل من الخلية والنسيج والعضو والجنين بعيدا عن الكائن الحي وفي بيئة صناعية خاصة)تسمى هذه الدراسة in vitro studies). ويخدم هذا التخصص علوما مختلفة ويعتبر وسيلة لتحقيق كثير من الدراسات، خاصة في مجال الطب والكيمياء الحيوية والخلية وعلوم الأحياء عموماً.

نبذة تاريخية

أ) عهد ما قبل الميلاد:

أول تسجيل للدراسات الجنينية كانت معروفة في كتاب العالم الإغريقي أبو قراط، وذلك في القرن الخامس قبل الميلاد، والذي وضح بأنه لو أخذنا ٢٠ بيضة وحضنت تحت دجاجة ثم نأخذ بيضة من اليوم الثاني وحتى تاريخ الفقس ونكسرها ثم نفحصها فإننا سنجد تكويناً للجنين يمكن أ ن نُشَبِه طريقة تكوين الإنسان به.

ويعتبر كثير من العلماء أن العالم اليوناني أرسطو (القرن الرابع قبل الميلاد) هو مؤسس على الأجنة وهو صاحب الفكرة التي تقول بأن تكوين الجنين عبارة عن كتلة دم متجلطة ناتجة من اتحاد السائل المنوي ودم الحيض. (شكل ١:١).

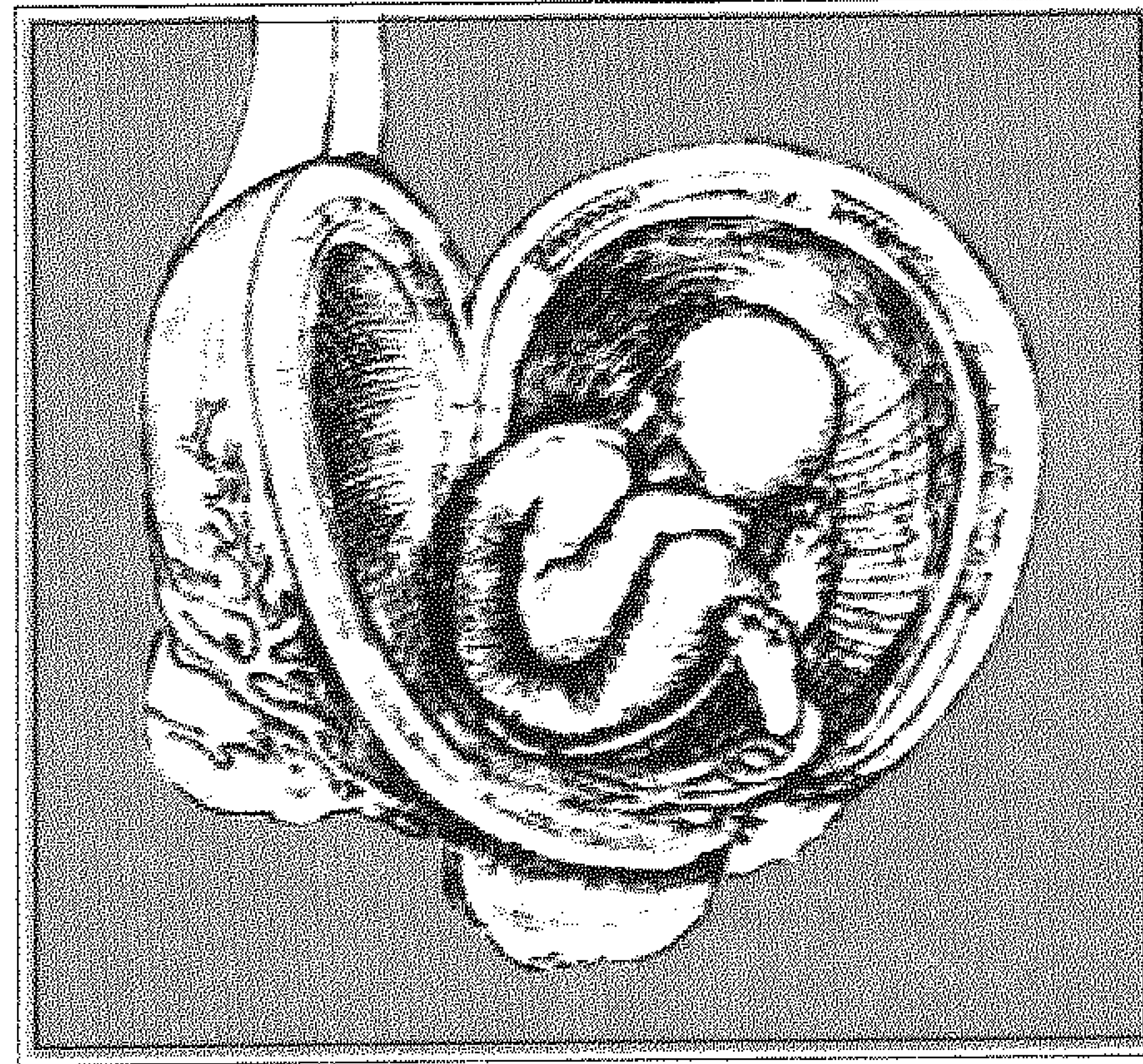


شكل (١:١) لتوضيح فكرة أرسطو في التكوين الجنيني

ب) عهد ما بعد الميلاد:

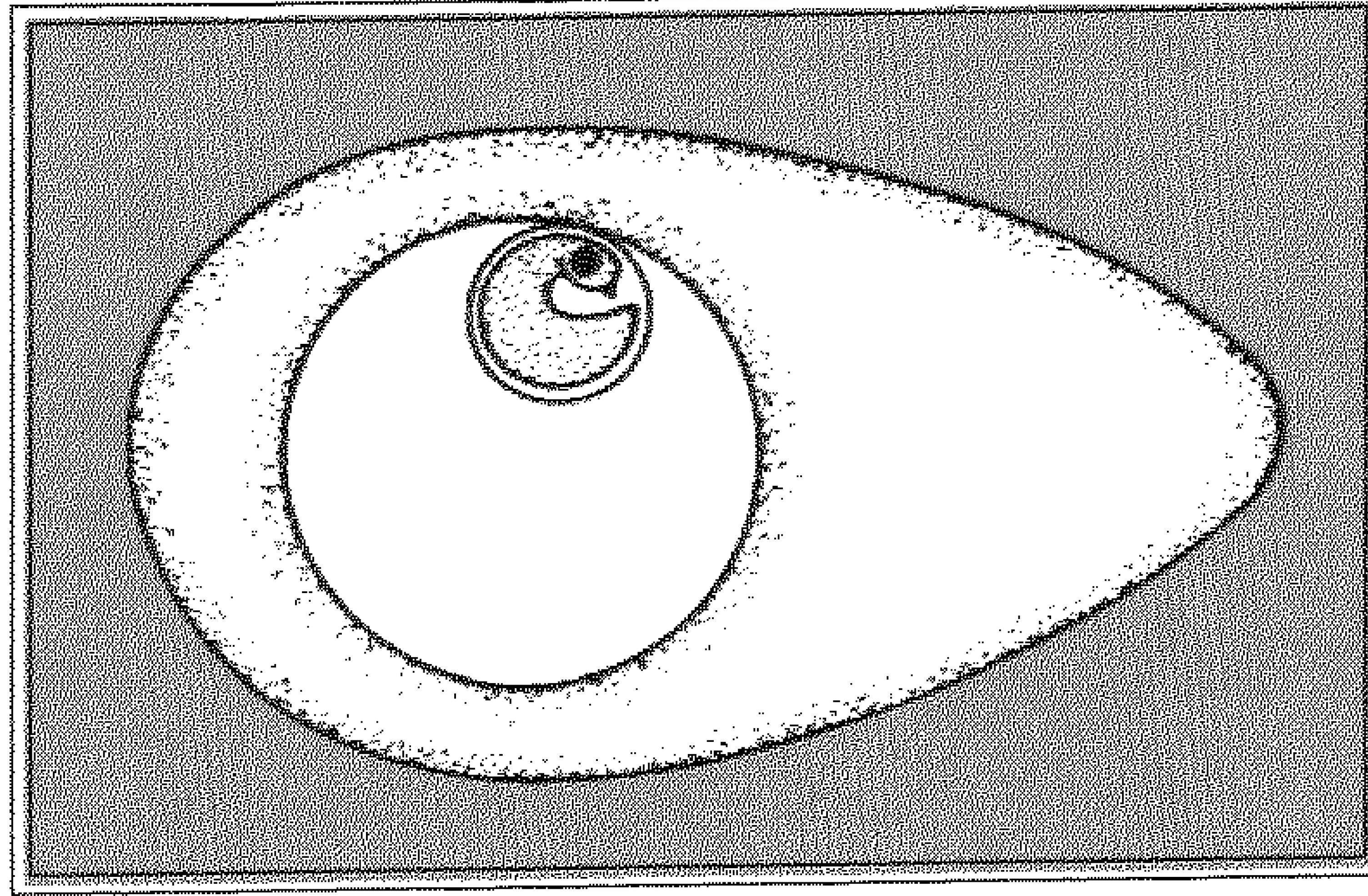
١ ـ في القرن الثاني بعد الميلاد كتب جال Gale كتابا باسم (تكوين الجنين) تكلم فيه عن وصف الجنين وتغذيته، وفي القرن الخامس عشر الميلادي رسم العالم Leonardo Davinci شكلا يوضح فيه الرحم وبه الجنين. (شكل ٢:١).

وفي عام ١٦٧٢م استخدم العالم جراف De Graaf المجهر البسيط ففتح له بعض الآفاق حيث رأى غرفا صغيرة في رحم الأرنب وقال بأن هذه الغرف لا تفرز من الرحم إنما تأتي من عضو آخر سماه بعد ذلك المبيض، ثم درس قطاعات في مبايض حيوانات مختلفة ومنها الثدييات واثبت أن مبايض الثدييات هي التي تنتج بيضاً.



شكل (٢:١) رسم تخطيطي للعالم Leonardo Davinci يوضح فيه الرحم وبه الجنين

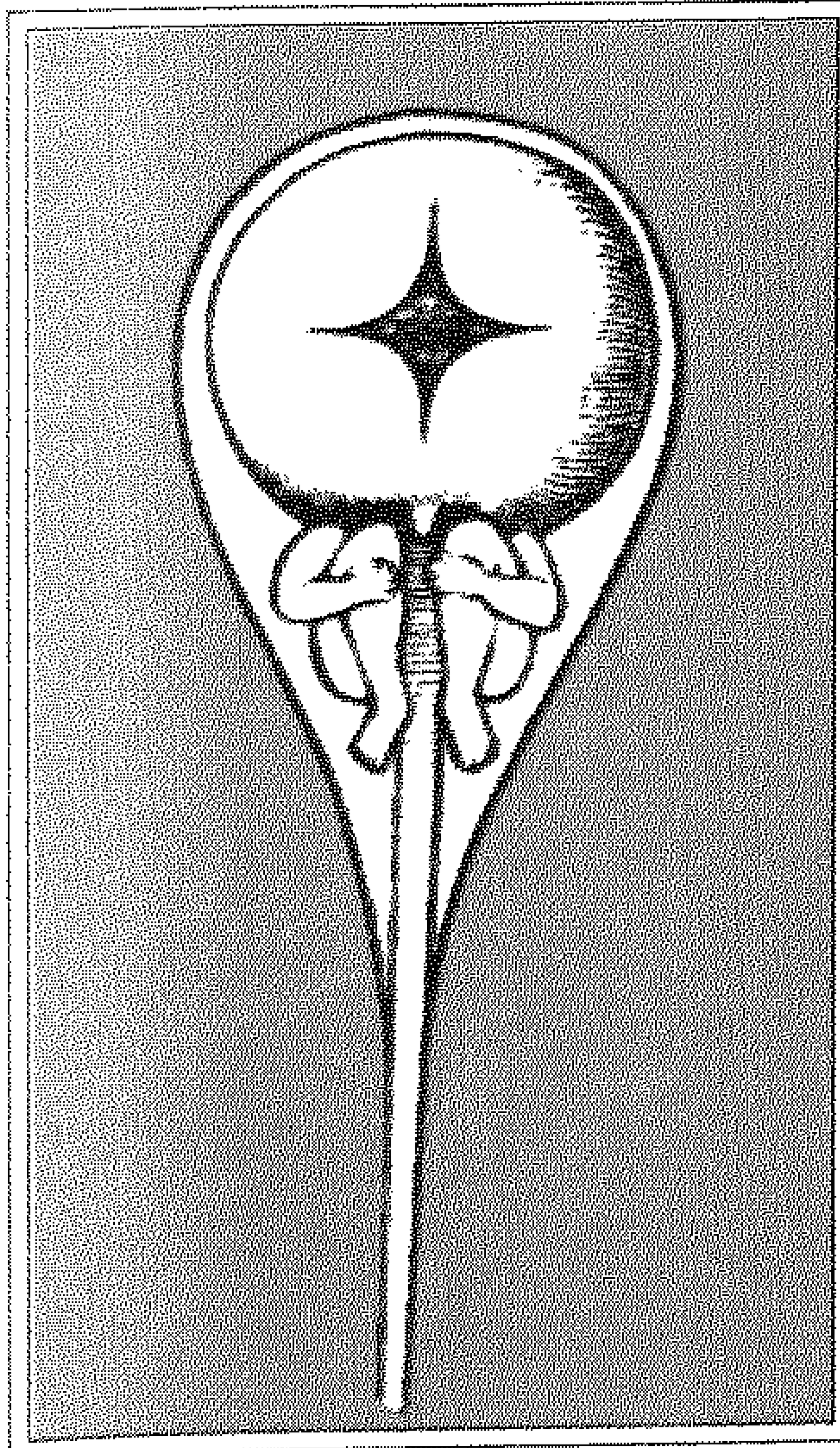
نظريات التكوين



شكل (٣:١) يوضح تخيل العالم مالبيجي بوبجود جنين مصغر في بيضة

١) نظرية التكوين المسبق: Preformation Theory (1632 - 1723)

كانت فترة تسجيل بعض النظريات تعتمد على التخمين والتخيل دون الرجوع إلى إجراء التجارب وتأكيد ما يسجل من نظريات ولعل ذلك راجع إلى ضعف الإمكانيات والأجهزة في ذلك الوقت، ومن تلك النظريات نظرية التكوين المسبق حيث يفترض أصحاب هذه النظرية وجود قزم جنيني في البيضة وقد أكد هذه النظرية زعم العالم مالبيجى Malpighi أنه رأى جنينا مصغر في بيضة الدجاج غير المحضن شكل (٣:١) (تفسير ذلك علميا أن بويضة الدجاجة يتم إخصابها داخليا ثم لو عرضت البيضة لدرجة حرارة مناسبة فإنها تستمر في التفلج وتكون جنين صغير ولو بعد ٤٨ ساعة). وكان نفس الافتراض مطروحاً بالنسبة لبويضة الإنسان.



شكل (٤:١) تخيل العالم Hartsoeker وجود جنين مصغر (قزم جنيني) في داخل رأس الحيوان المنوي للإنسان

وكان التخمين والافتراض في أروع صوره عندما تمكن العالم Leevaenhock عام ١٦٧٧م من رؤية الحيوانات المنوية في السائل المنوي لحيوانات مختلفة، وكذلك تمكن من رؤيتها في منى الإنسان فقاد ذلك أحد صانعي الميكروسكوبات وهو Hartsoeker من تخيل وجود جنين

مصغر في داخل رأس الحيوان المنوي للإنسان على شكل قزم جنيني (شكل ١:٤) وكان في ذلك رفض لنظرية التكوين المسبق في البويضة وقُررَ أن الأنثى ليس لها دخل في تكوين الجنين سوى أنها تنمى بذرة الذكر (الحيوان المنوي) التي تلقى فيها كبذرة النبات التي تلتقي في التربة.

٢) نظرية التكوين التراكمي Epigenesis Theory

لقد دحض العالم وولف Wolff عام ١٧٥٩م نظرية التكوين المسبق حيث إنه قام بفحص أجنة الدجاج (البيض غير المحضن) ولم ير الجنين الذي وُصف بواسطة مالبيجى، بل أثبت أن أعضاء الجنين وأجزائه المختلفة تتكون بالتدريج إلى أن يتم تكوين الجنين وذلك بعد تحضينه فقادته هذه النتائج إلى وضع نظرية التكوين التراكمي Epigenesis والتي تقول بأن التكوين يكون من خلايا متخصصة.

٣) الحقيقة العلمية

لقد تبين فيما بعد (سنة ١٧٧٥م) أن كلا من الحيوان المنوي والبويضة ضروريان لعملية الإخصاب حيث أوضح ذلك العالم Spallanzani، وقال أن ذلك ضروري لإحداث عملية الإخصاب وبالتالي التكوين الجنيني. وفي عام ١٨٢٧م وصف Vonbaer البويضة الملقحة zygote وكذلك البلاستولا blastula وتكلم عن تكوين الأنسجة والأعضاء الجنينية من الطبقات الجرثومية (الاكتودرم، الاندروم، الميزودرم)، ولذلك يعتبر هو الأب العلمي في مجال الأجنة في العصر الحديث، وعلى ضوء ما مضى نستطيع أن نقول بأن التكوين مسبقاً أي في البويضة الملقحة حيث إن المادة الوراثية (DNA) موجودة وحامله لجميع الصفات وأن التكوين تراكميا أي إن الأعضاء والأنسجة تتكون بالتدريج ولا تظهر فجأة وبدفعة واحدة.

٤) علم الأجنة في القرآن والسنة:

لقد أوضح القرآن والسنّة كثيرا من الحقائق العلمية في مجال علم الأجنة والتي لم تعرف من قبل فكانت آيات تبهر وأحاديث تقهر في سبق علم الله لقضايا المادة والإنسان، وقد تحدث عن ذلك أستاذ علم الأجنة والتشريح الكندي دكتور كيت مور في كتابه The Developing Human كما سيأتي شرح ذلك في الباب الثاني عشر.

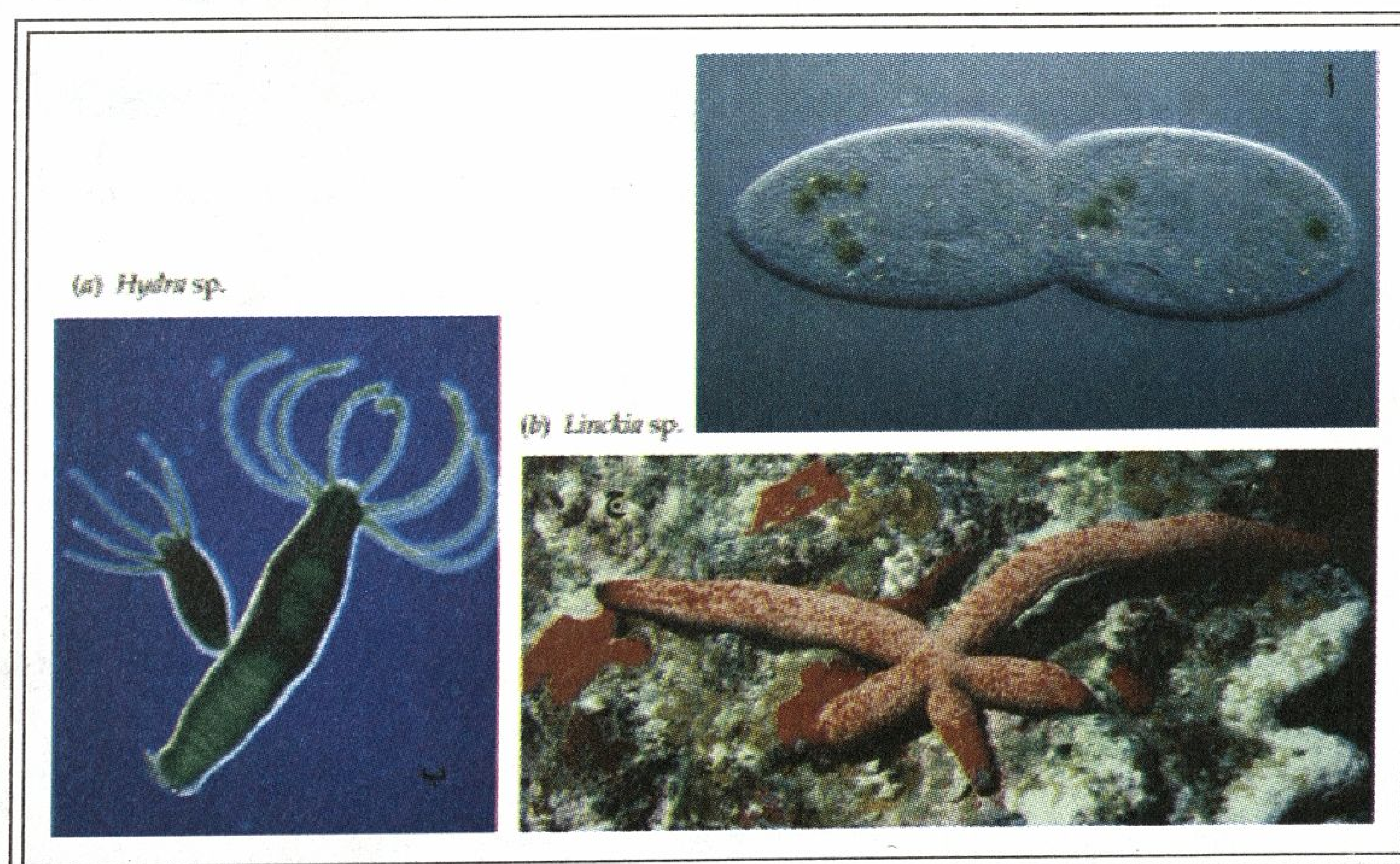
التكاثر
Reproduction

أ) التكاثر الجنسي Sexual Reproduction

يتم التكاثر الجنسي باتحاد الخليتين التناسليتين، البويضة من المبيض والحيوان المنوي من الخصية بعملية تعرف بعملية الإخصاب fertilization حيث ينتج من ذلك تكون اللاقحة zygote. ثم يلي ذلك عملية التفلج وآليات تكوين الجاسترولا وتنتهي بتكوين الأعضاء الجنينية المختلفة. وهذا النوع من التكاثر منتشر في أنواع كثيرة من الحيوانات، وتتكون الأمشاج بنوعيها (الحيوانات المنوية والبويضات) في المناسل وهي تعرف في الذكر باسم الخصية testis وفي الأنثى بالمبيض ovary، على أنه في بعض الحيوانات تحتوي مناسلها على تكوين من الخصية والمبيض في آن واحد فتسمى مثل هذه الحيوانات بالخنثى.

ب) التكاثر اللاجنسي: Asexual Reproduction

ومن اسم هذا النوع من التكاثر فإنه يدل على عدم الحاجة إلى التقاء كل من الأمشاج المذكرة والأمشاج المؤنثة لتتم عملية التكاثر وإنما يكتفي فقط بوجود أب واحد، ويكون التكاثر اللاجنسي على أنواع من أهمها: الانشطار fission كما في شكل (١: ٥أ)، التبرعم budding كما في شكل (١: ٥ب)، التجدد regeneration كما في شكل (١: ٥جـ)



شكل (٥:١) أنواع التكاثر اللاجنسي (أ) الإنشطار في الأوليات، (ب) التبرعم في الهيدرا، (ج) التجدد في نجم البحر
المصدر (أ): http://www.microscopy-uk.org.uk
المصدر (ب) و (ج): William K. Purves.. et al. 2004

التكاثر العذري Parthenogenesis

يكون التكاثر العذري على نوعين منه ما هو طبيعي وهو في حالة أن البويضة تنشط لتعطي حيوان كامل بدون الحاجة إلى الحيوان المنوي وأمثلة ذلك كثيرة في عالم الحيوان وخاصة بين مفصليات الأرجل Arthropoda وتعرف ظاهرة تنشط البويضة بعوامل أخرى غير الحيوان المنوي (أي إحداث التكاثر اصطناعياً) بظاهرة التكاثر العذري الاصطناعي artificial parthenogenesis. (انظر الباب العاشر) (شكل ١ : ٦)



شكل (٦:١) التكاثر البكري في حشرة المن

المصدر: www.parthenogenesis/com.msn.encarta

التكوين
Development

إن ظاهرة التكوين development في الأجنة المختلفة تشمل كل من النمو Growth والتمايز الخلوي Cell Differentiation.

أ) النمو: Growth

وهو الزيادة في الحجم والوزن لخلايا الأجنة المتكونة وحيث إن الأنسجة الحيوانية تتكون من عدد هائل من الخلايا الحية تغمرها كميات من المواد الخلالية فهي التي يكون لها دور أساسي في عملية النمو، ويكون نمو الخلايا بأحد الطرق التالية:

١ـ النمو بطريقة التكاثر الخلوي.

٢ـ النمو الخلالى.

٣ـ نمو الخلايا المنفردة أو النمو الحجمي.

وتشترك الأنواع الثلاثة السابقة في نمو خلايا الأجنة وأن كان النمو بالتكاثر الخلوي يقوم بالدور الرئيسي في هذا النمو.

١ـ النمو بالمضاعفة الخلوية Multiplicative Growth

وذلك عن طريق تكوين خلايا جديدة وذلك بأن تتولد خلية من خلية في عملية الانقسام غير المباشر ويعرف أيضاً بالنمو العضوي organismic growth ويكون على ثلاثة أنماط:

الخلايا مستقرة التكوين Static Cell Population

مثل الخلايا العصبية حيث تصل إلى عددها النهائي قبل الولادة لذلك تتوقف مساهمة الخلايا العصبية في النمو عن طريق التكاثر الخلوي بعد الولادة وتستمر خلايا الغراء glia Cells بالتكاثر فقط.

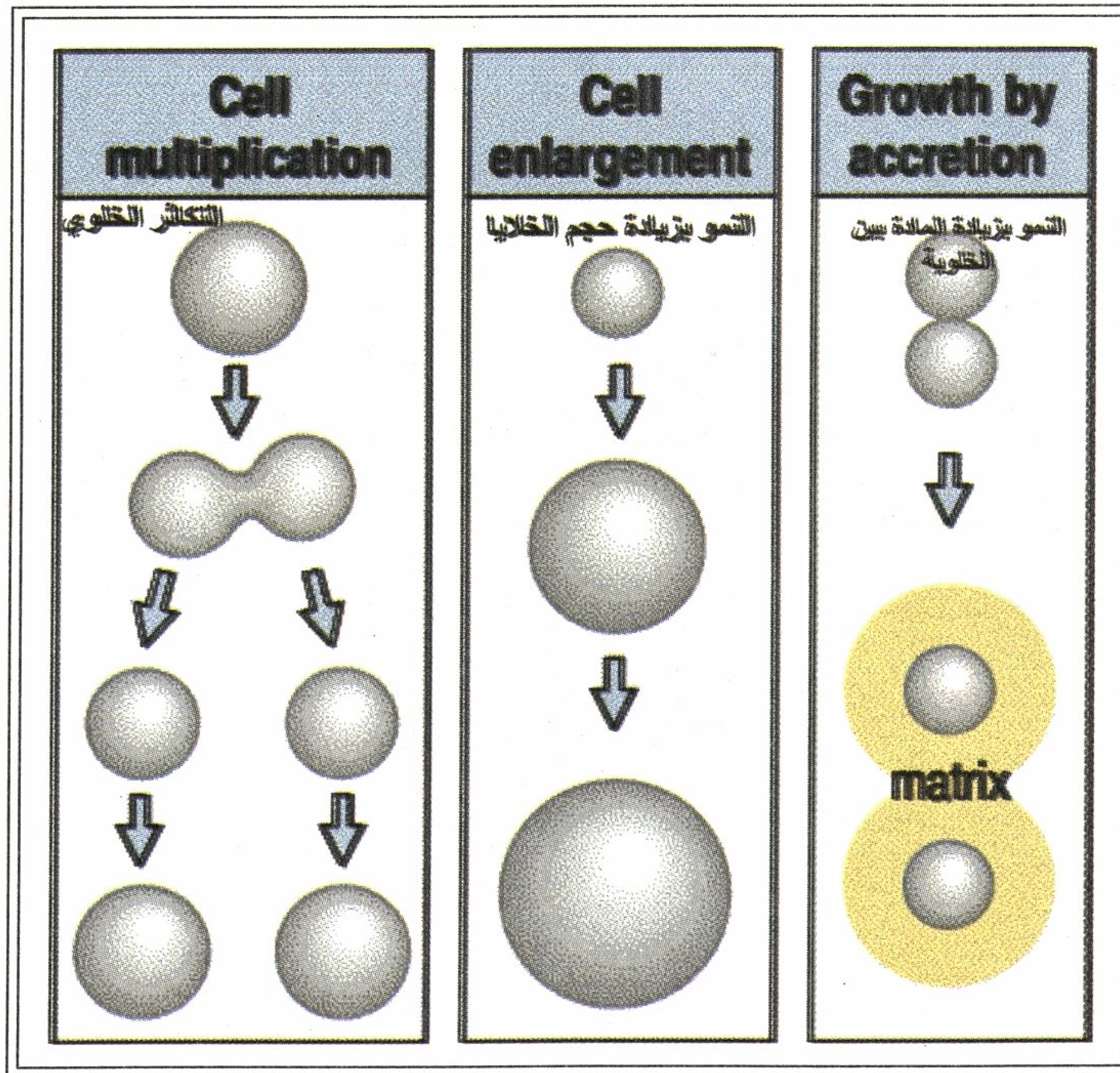
الخلايا مستمرة التكوين Expanding Cell Population

وهي الخلايا التي تستمر في انقسامها وتكاثرها بالتكاثر الخلوي حتى بعد الولادة ولكن استمرارية الانقسام والتكاثر محددة بضوابط وعوامل وراثية ويشمل هذا النوع من النمو معظم خلايا الجسم.

الخلايا المتجددة Renewing Cell Population

وذلك عندما تموت أو تتحل بعض الخلايا مثل خلايا الجلد وخلايا الدم ففي هذه الحالة لا يتم التكاثر الخلوي في خلية متميزة أصلا وإنما هناك الخلايا الأصلية Stem Cells وهي عبارة عن خلايا احتفظت بخواصها الجنينية دون أن تتميز إلى أي نوع من الخلايا، لذا فهي قادرة بعد انقسامها على التمايز في أي اتجاه خلوي آخر - حيث تنقسم إلى خليتين أحدهما تتميز بينما تبقى الأخرى غير متمايزة.

ويوضح الشكل ١:٦ نموذج لنمو الأنسجة وتميزها خلال عملية التكوين حيث إن معظم الخلايا لها القدرة على الانقسام والتكاثر الخلوي حتى فترة الولادة وتتمايز مجموعة صغيرة مبكراً ثم تفتقد قدرتها على الانقسام والتكاثر وهي ما تعرف بالأنسجة المستقرة، بينما تستمر الأنسجة والخلايا مستمرة التكوين expanding cells في نموها حتى الطور البالغ، أما مجموعة الخلايا والأنسجة المتجددة يمكن أن تنقسم وتتكاثر خلال فترة الطور البالغ، وهناك أنواع من الأنسجة والخلايا البالغة المتمايزة تتداخل في أكثر من طرازين من طراز النمو.



شكل (١ : ٧) يوضح الطرق المختلفة للنمو الخلوي
المصدر. Wolpert L. 2002

ب) النمو الخلالى : Intercellular Growth

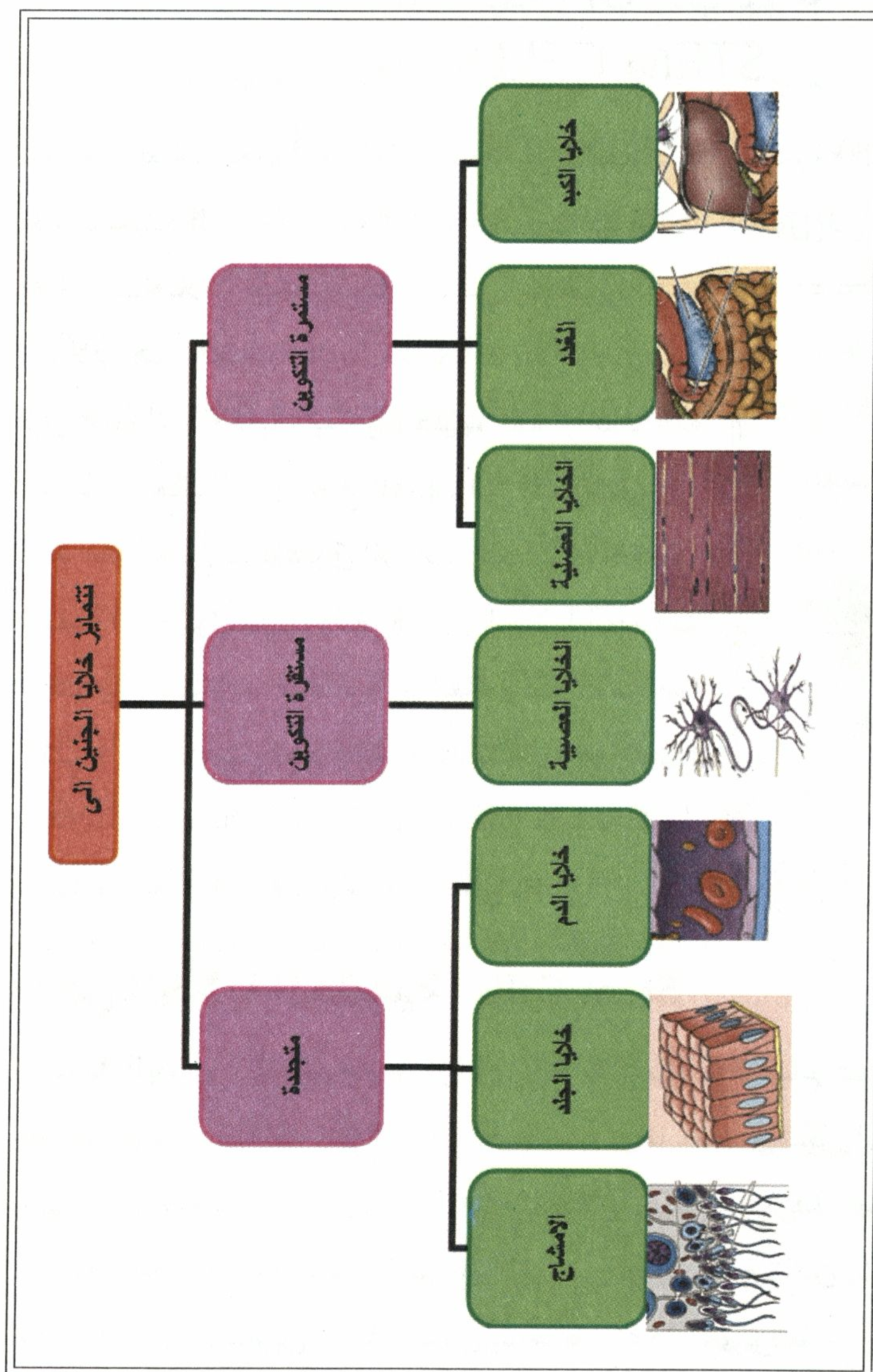
ويقصد بالنمو الخلالي زيادة المواد بين الخلوية التي تدخل في بناء الأنسجة كألياف الأنسجة الرابطة والمواد البينية ومثال ذلك في حالة الغضروف الزجاجي فانه عندما تنمو خلاياه وتتمايز إلى خلايا غضروفيه بالغة فإنها تقوم بإفراز مواد خلالية غضروفية تتكون من بروتين غضروفي مخاطي chondro-muco protein وهكذا فإن نمو الغضروف الزجاجي ينمو بازدياد مواده الخلالية ويعرف هذا النوع من النمو أيضاً بـ accretien growth.

٢. نمو الخلايا المفردة Growth of Single Cells

هذا النوع من النمو نادر الحدوث وهو ما يعرف بنمو حجم الخلايا auxetic growth ومثال ذلك نمو الخلايا العصبية حيث إنها تزداد في الحجم إلى أضعاف حجمها الأصلي، ويرجع ذلك إلى زيادة حجم السيتوبلازم عن طريق تكوين عضيات جديدة وكذلك التفرع الشبكي للخلية العصبية dendrites وأيضاً لزيادة تفرعات الشجيرات العصبية طول المحاور العصبية لها.

٣. التمايز الخلوي Cell Differentiation

وهو قدرة الخلايا الجنينية، في المراحل المبكرة من التكوين، على أن تتمايز وتتباين بحيث تعطي بعضها خلايا عظام والأخرى خلايا عصبية ومجموعة أخرى تعطي خلايا عضلية وهكذا.. علماً بأن لجميع هذه الخلايا نفس الجينات التي للخلايا الجنينية. وهذا ما يجعل الإجابة على كيفية حدوث التمايز differentiation محل الأبحاث إلى يومنا هذا، وقد عرفت بعض العوامل التي لها دور في توجيه بعض الخلايا في عملية التمايز.



شكل (١ : ٨) نموذج لنمو الأنسجة وتمايزها خلال عملية التكوين

المصدر: William k.Purves... et al. 2004

قراءة إضافية..

الخلايا الجذعية
STEM CELLS

اكتشف العلماء حديثًا أن هناك نوعًا من الخلايا هي بمثابة (الكل) لذلك أطلقوا عليها وصف سيدة الخلايا Master cells، حيث لها قابلية التحول إلى أي نوع من خلايا الجسم وفق معاملات بيئية محددة في المختبر، هذه الخلايا هي الخلايا الجذعية stem cells، وعليه فإن العلماء والأطباء يعلقون عليها الآمال بعد الله سبحانه وتعالى ـ في علاج العديد من الأمراض، في هذه المقالة سوف نتطرق إلى التعريف بهذه الخلايا وكيفية الحصول عليها والفرق بين الخلايا الجذعية الجنينية والخلايا الجذعية البالغة، وكذا الأمراض التي استخدمت لعلاجها والمقترح معالجتها والدراسات الحديثة في ذلك، وأخيرًا نظرة فقهية وأخلاقية حول استخدام هذه الخلايا.



شكل (١: ٩) يبين شكل الخلايا الجذعية

ما هي الخلايا الجذعية؟ Stem Cells

الخلايا الجذعية الجنينية خلايا لها القدرة على الانقسام غير المحدود في المزارع الخلوية لتعطي طلائع الخلايا المتخصصة فيما بعد، ويشكل التكون الطبيعي للإنسان صورة واضحة وجلية عن أهمية هذه الخلايا وكيفية نموها، فمن المعروف أن تكوين الإنسان يبدأ عندما يلقح الحيوان المنوي البويضة، وتتكون نتيجة ذلك خلية وحيدة لها القدرة على تكوين إنسان كامل بمختلف أعضائه، توصف بأنها خلية كاملة الفعالية totipotent، تنقسم هذه الخلية بعد ذلك إلى خليتين كاملتي القدرة totipotent مما يعني أن أي خلية من هاتين الخليتين لها القدرة على تكوين جنين كامل عند زرعها في رحم المرأة، وهذا ما يحدث عند تكوين التوائم المتطابقة، حيث تنفصل خليتان كاملتي الفعالية لتعطي كل واحدة منهما جنينًا كاملاً، بعد عدة انقسامات تعطي هذه الخلايا

(الفلجات) مرحلة تعرف بالبلاستولة blastocyte تتكون البلاستولة من طبقة خارجية من الخلايا ومن جزء داخلي يتكون من كتلة من الخلايا تسمى كتلة الخلايا الداخلية.

الطبقة الخارجية من الخلايا سوف تكون المشيمة والأنسجة الدعامية الأخرى التي يحتاج إليها الجنين أثناء عملية التكوين في الرحم، بينما كتلة الخلايا الداخلية يخلق الله منها أنسجة جسم الكائن البشري المختلفة، وبالرغم من أن كتلة الخلايا الداخلية تستطيع أن تكون جميع أنواع الخلايا الموجودة داخل جسم الإنسان إلا أنها لا تستطيع تكوين جنين كامل؛ لأنها غير قادرة على تكوين المشيمة والأنسجة الدعامية الأخرى التي يحتاج إليها الجنين في الرحم أثناء عملية التكوين، لذلك يطلق عليها خلايا جذعية متعددة الفعالية pluripotent stem cells أو الخلايا الجذعية الجنينية وليست كاملة الفعالية كالسابقة، أي إن لها القدرة على إعطاء العديد من أنواع الخلايا وليس كل أنواع الخلايا اللازمة للتكوين الجنيني لأن فعاليتها وقدرتها ليست كاملة، لذلك فهي لا تعتبر أجنة ولا تكون أجنة عند زراعتها في الرحم.

تخضع الخلايا الجذعية متعددة الفعالية pluripotent stem cells للمزيد من التخصص لتكون خلايا جذعية مسؤولة عن تكوين خلايا ذات وظائف محددة، ومثالها خلايا الدم الجذعية blood stem cells التي تعطي خلايا الدم الحمراء وخلايا الدم البيضاء والصفائح الدموية، وهناك خلايا الجلد الجذعية skin stem cells التي تعطي خلايا الجلد بمختلف أنواعها، هذه الخلايا الجذعية الأكثر تخصصًا تسمى الخلايا الجذعية البالغة multipotent stem cells.

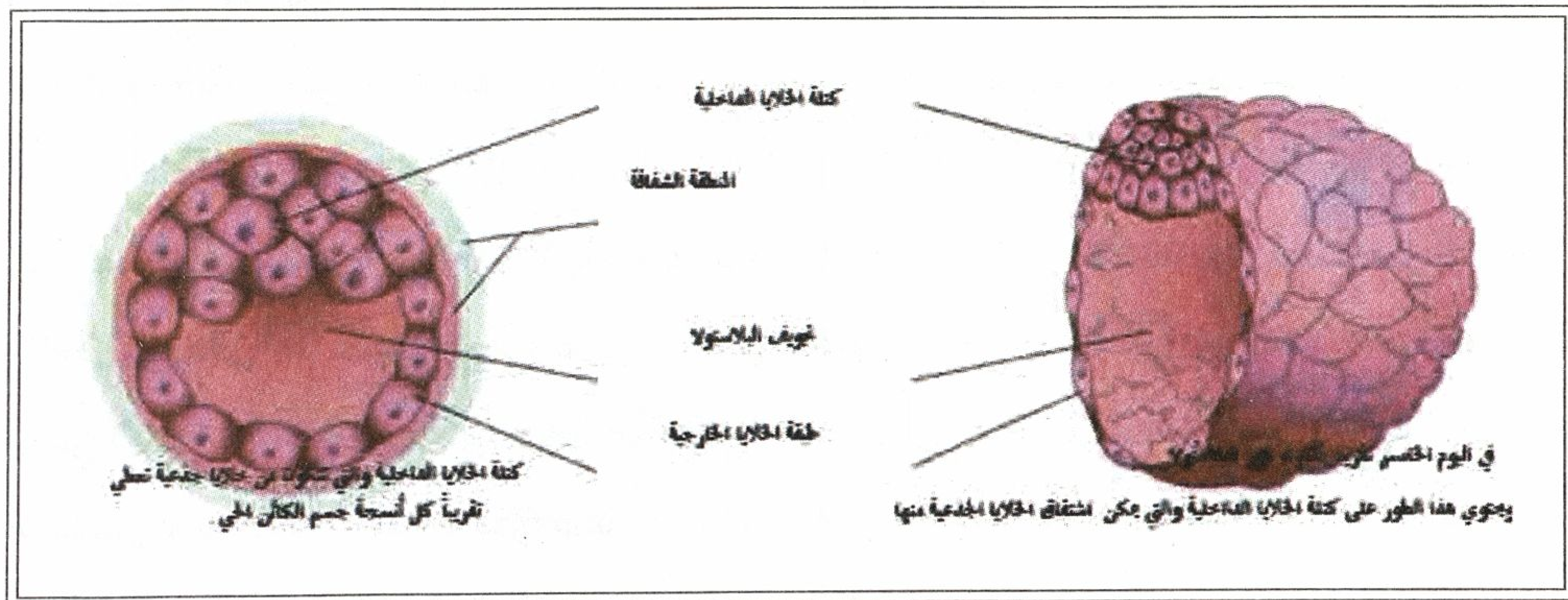
في الوقت الذي تكمن فيه الخلايا الجذعية البالغة multipotent توجد أيضًا في الأطفال والبالغين على حد سواء، فعلى سبيل المثال الخلايا الجذعية الدموية blood stem cells والتي تعتبر من أكثر الخلايا الجذعية فهمًا بالنسبة للعلماء، هذه الخلايا توجد في النخاع العظمي bone marrow لكل طفل وبالغ، كما توجد بأعداد قليلة في مجرى الدم تسبح مع التيار، الخلايا الدموية الجذعية تؤدي دورًا مهمًّا في إمداد الدم بالخلايا الدموية المختلفة أثناء فترة الحياة، ولا يستطيع الإنسان العيش بدونها.

زراعة الخلايا الجذعية البشرية

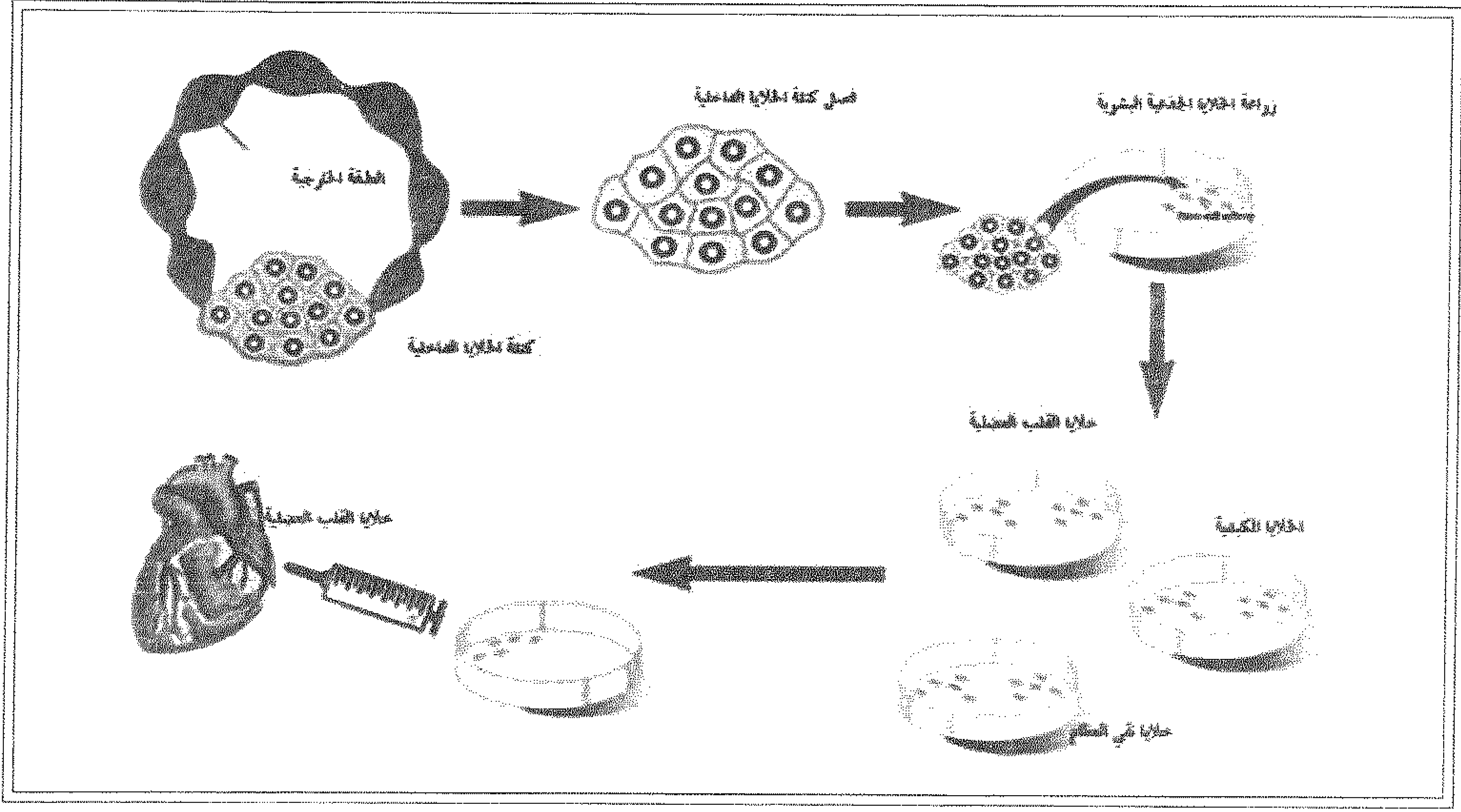
طريقة الحصول على الخلايا الجذعية الجنينية:

يتم تكوين الخطوط الخلوية لهذه الخلايا البشرية بإحدى الطرق التالية:

الطريقة الأولى: طريقة Dr. James A. Thomson من جامعة UW-Madison حيث عزل هذه الخلايا (ploripotent) مباشرة من كتلة الخلايا الداخلية للأجنة البشرية في مرحلة البلاستولة blastocyte، (شكل ١: ١٠) وقد حصل الدكتور Thomson على هذه الأجنة من عيادات الخصوبة، حيث إن هذه الأجنة هي نتاج عمليات التلقيح الخارجي IVF والتي تكونت في الأساس بهدف التكاثر وليس لأغراض بحثية، حيث يتم في هذه العيادات تلقيح عدد كبير من البويضات ولا يستخدم منها إلا عدد قليل ويتم التخلص من البقية، وبعد أن عزل الدكتور (ثومسون) هذه الخلايا قام بتنميتها في مزارع خلوية منتجًا بذلك خطوطًا خلوية من الخلايا الجذعية الجنينية، وقد تحولت فعلاً بعض الخلايا الجذعية التي تم عزلها في معمل الدكتور (ثومسون) إلى بعض أنواع الأنسجة المختلفة، ويعتبر الدكتور (ثومسون) أول من تمكّن من عزل وتنمية الخلايا الجنينية البشرية وتكوين خطوط خلوية مستمرة منها وذلك في عام ١٩٩٨م (شكل ١: ١١).

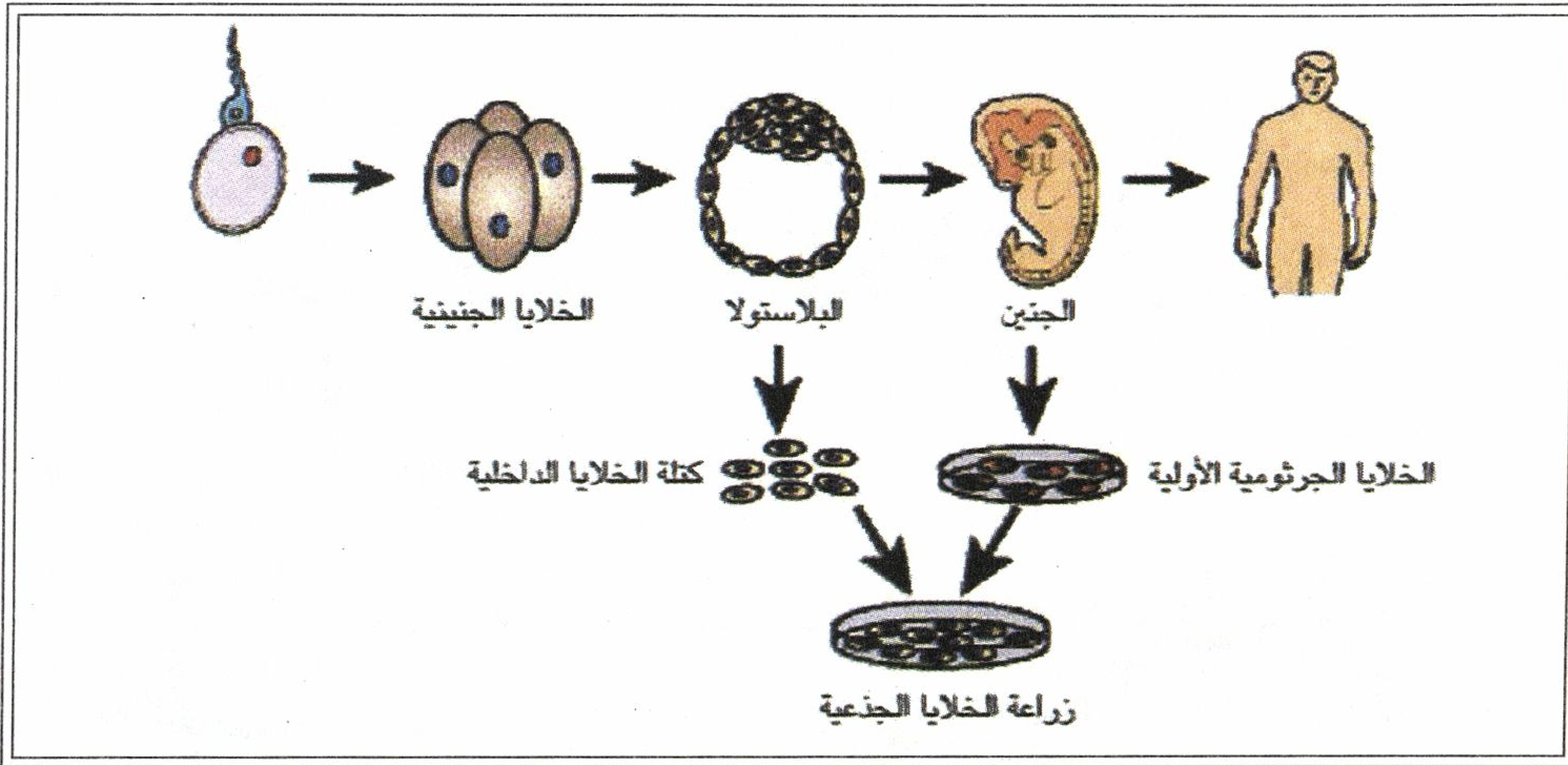


شكل (١: ١٠) يوضح تركيب البلاستولا البشرية

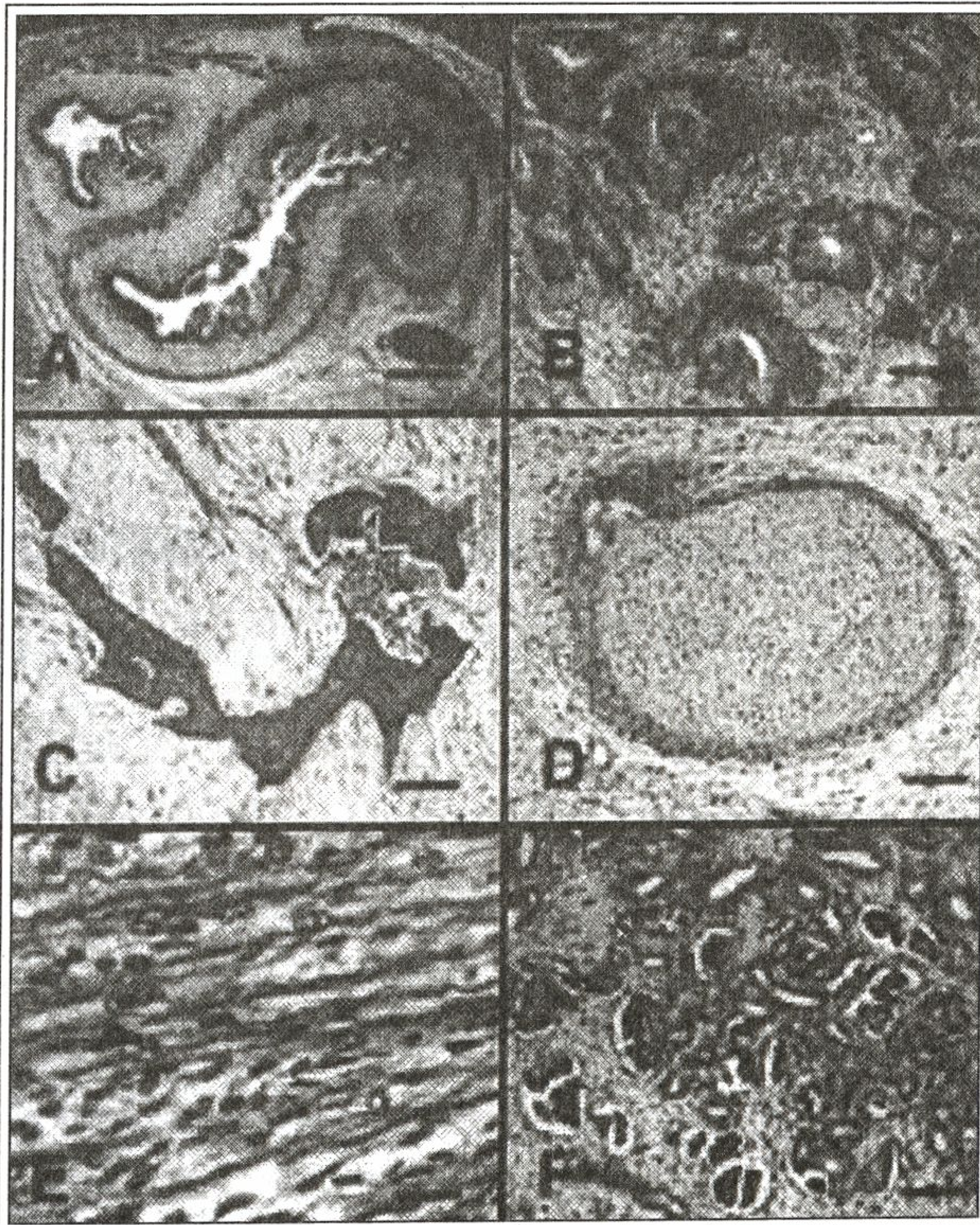


شكل (١: ١١) زراعة الخلايا الجذعية البشرية

الطريقة الثانية: طريقة الدكتور gearhart من جامعة Johns Hopkins حيث عزل هذه الخلايا من الأنسجة الجنينية التي حصل عليها من الأجنة المجهضة، بعد أن حصل على موافقة المتبرعين والذين قرروا إنهاء الحمل اختياريا، وقام الدكتور جيرهارت بأخذ الخلايا من المنطقة التي تكون الخصي أو المبايض في الجنين لاحقًا، وتُعرف هذه الخلايا بالخلايا الجرثومية الأولية (PGC primordail germ cells)، وقد كونت هذه الخلايا خطوطًا خلوية مستمرة من الخلايا الجنينية، وقد توصل إلى هذه الطريقة في نفس الشهر الذي توصل فيه ثومسون لطريقته (November 1998)، وبالرغم من أن الخلايا التي تمت تنميتها في معمل الدكتور ثومسون ومعمل الدكتور جيرهارت تختلف في المصدر إلا أنها تبدو متشابهة إلى حد بعيد (شكل ١: ١٢ أ + ب).



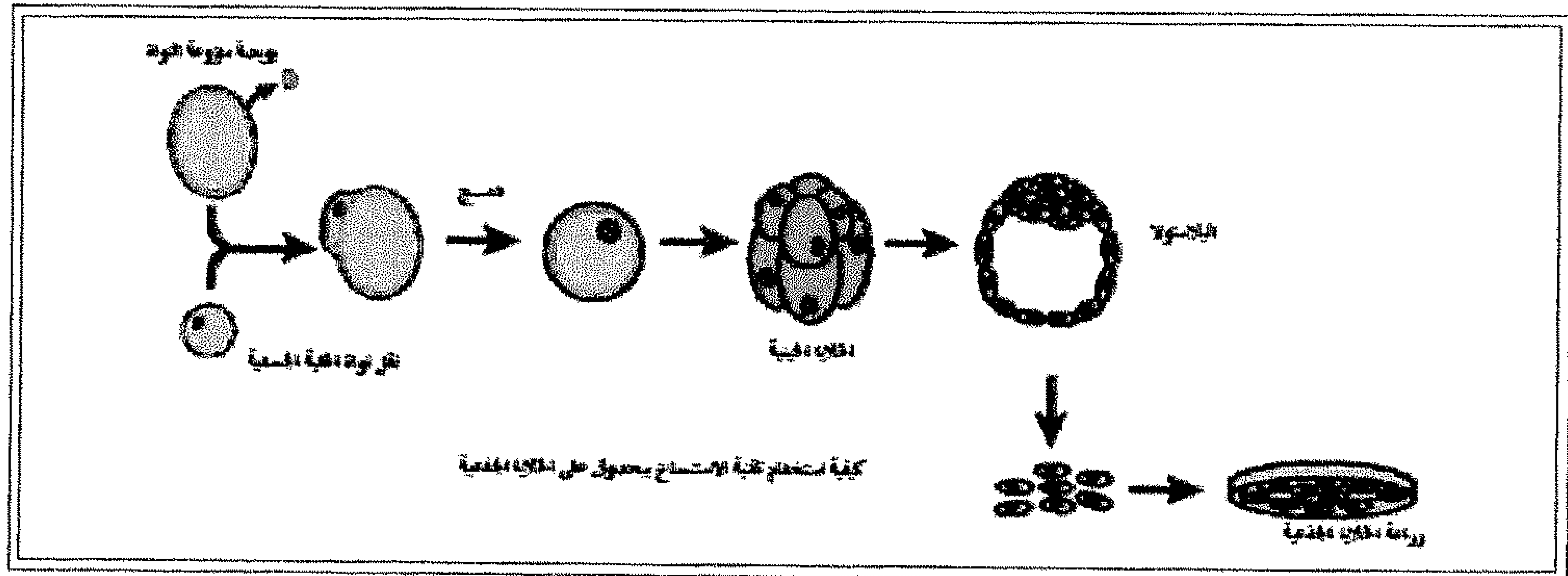
شكل (١ : ١٢ أ) الطرق التي استخدمها كل من Dr. Gearhan & Dr. Thomson في عزل الخلايا الجنينية



شكل (١ : ١٢ ب): صور توضح مجموعة من الأنسجة التي نتجت عن تمايز بعض الخلايا الجذعية الجنينية، وتوضح الصورة مجموعة من الخلايا الجذعية الجنينية التي زرعت في جامعة UW-Madison بواسطة الدكتور Thomson وقد لاحظ العلماء أنها قد تمايزت وأعطت أنواع مختلفة من الأنسجة

A أمعاء gut
B خلايا عصبية neural cells
C خلايا نخاع عظمي bone marrow cells
D غضاريف cartilage
E عضلات muscles
F خلايا كلوية kidney cells

الطريقة الثالثة طريقة الاستنساخ العلاجي: إن استخدام تقنية نقل أنوية الخلايا الجسدية somatic cell nuclear transfer قد تشكل طريقة أخرى لعزل الخلايا الجذعية متعددة الفعالية، ففي الدراسات التي أجريت على الحيوانات باستخدام تقنية (scnt) قام الباحثون بأخذ بويضة حيوان طبيعية وأزالوا النواة منها، والمواد المتبقية في البويضة. بعد إزالة النواة. تحتوي على المواد الغذائية والمواد المنتجة للطاقة الأساسية للتكون الجنيني، بعد ذلك وتحت ظروف معملية خاصة أخذت خلية جسدية (غير البويضة والحيوان المنوي) لنفس النوع ووضعت بجانب البويضة منزوعة النواة مما أدى إلى اندماجهما مع مرور الوقت. الخلية الجديدة وسلالتها تتميز بأنها ذات قدرة كاملة على تكوين كائن حي كامل، وعليه فهي تعتبر خلايا كاملة الفعالية totipotent إن الخلايا سوف تنمو إلى طور البلاستولة، وخلايا كتلة الخلايا الداخلية لهذه البلاستولة يمكن أن تكون مصدرًا للخطوط الخلوية متعددة الفعالية pluripotent، وتعرف هذه الطريقة باسم الاستنساخ العلاجي therapeutic cloning، (شكل ١ : ١٣) وهي نفس تقنية الاستنساخ المعروفة، إلا أن الهدف هنا ليس إنتاج كائن حي كامل، وإنما الحصول على الخلايا الجذعية الجنينية لاستخدامها في العلاج، وتمتاز هذه الطريقة بأن الخلايا الناتجة تكون متطابقة جينيًّا مع الفرد الذي أخذت منه النواة وزرعت في البويضة مما يحل مشكلة رفض الأنسجة من قبل الجهاز المناعي، فعلى سبيل المثال يمكن أخذ خلية جسدية من المريض المراد علاجه واستنساخه ومن ثم عزل الخلايا الجذعية الجنينية الناتجة وإعادة زراعتها مرة أخرى في نفس المريض، وكقاعدة عامة فإن أي طريقة يمكن بواسطتها تكوين طور البلاستولة فإن ذلك مصدر جيد للخلايا الجذعية الجنينية، وحديثاً أعلنت شركة أمريكية أنها



شكل (١ : ١٣) يبين كيفية استخدام تقنية الاستنساخ للحصول على الخلايا الجذعية

نجحت في استنساخ جنين بشري في تجربة مثيرة. وأكدت الشركة أن التجربة لا تهدف إلى خلق كائن بشري بل إلى تفتيت الجنين للحصول على خلايا جذعية تستخدم في علاج الأمراض، وقالت شركة Advanced Cell Technology إنها استعانت لأول مرة بتقنيات الاستنساخ لتكوين كرة دقيقة من الخلايا يمكن استخدامها كمصدر للخلايا الجذعية.

تطبيقات واستخدامات الخلايا الجذعية الجنينية:

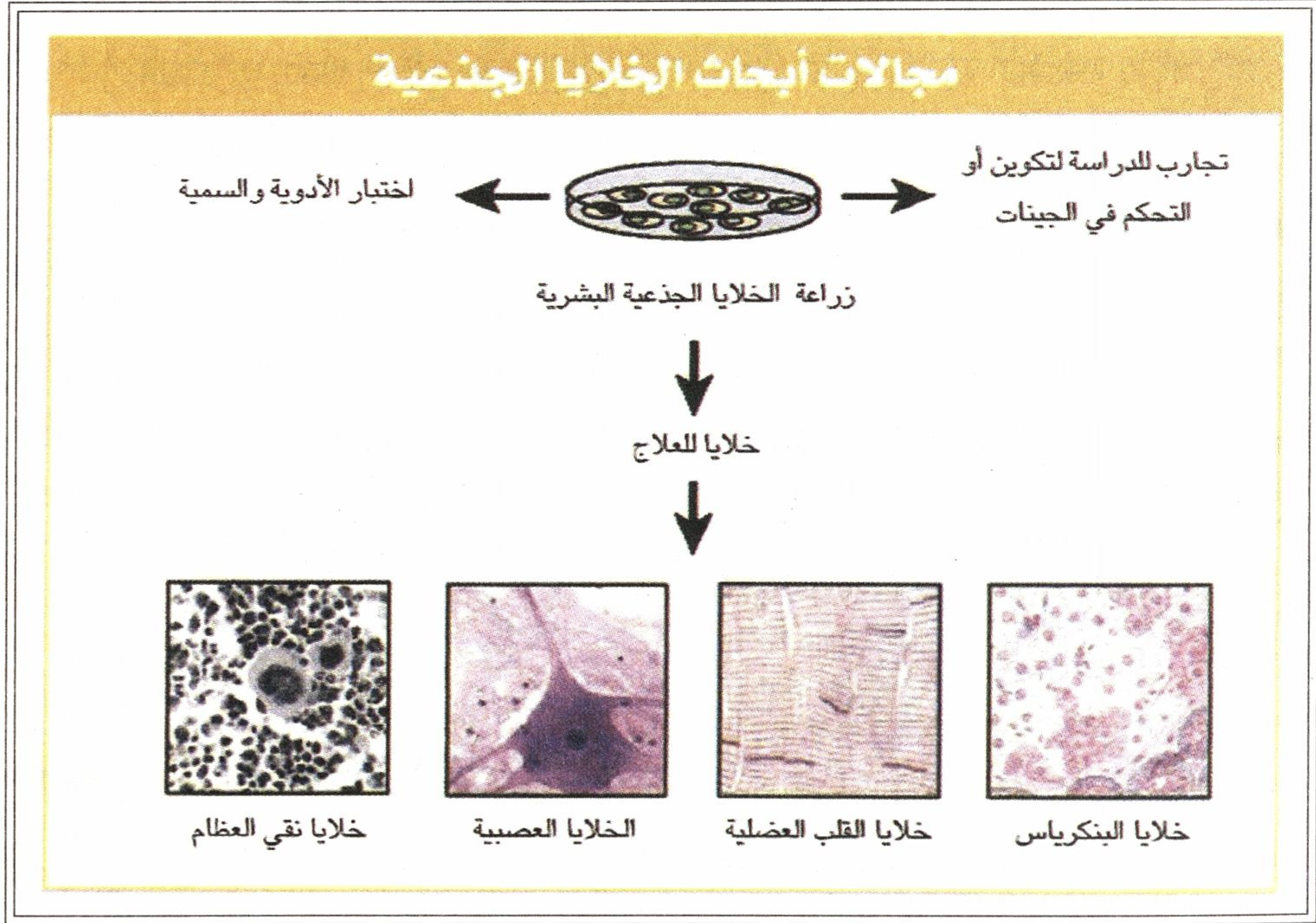
هناك أسباب كثيرة دعت إلى الاعتقاد بأهمية الخلايا الجذعية بالنسبة لتقدم العلوم الطبية وتطور الرعاية الصحية، فعلى المستوى الرئيس يمكن أن تساعد هذه الخلايا في فهم الأحداث المعقدة التي تتخلل عملية التكوين في الإنسان، والهدف الأساس لهذا الاتجاه هو التعرف على العوامل التي تؤدي إلى تخصص الخلايا في اتجاه معين، فمن المعروف أن كبح الجينات أو تنشيطها هو الذي يلعب الدور الرئيس في هذه العملية، ولكنه من غير المعروف جيدًا ما الذي يؤدي إلى اتخاذ الجينات قرار تخصص الخلايا! وما العوامل التي تؤدي إلى كبح هذه الجينات أو تنشيطها.

إن بعض الأمراض المعضلة التي تصيب الإنسان مثل السرطان والعيوب الخلقية تحدث نتيجة لانقسام الخلايا وتخصصها غير الطبيعيين، والفهم الجيد للعمليات الخلوية سوف يساعد على تحديد الأسباب الأساسية ومواقع الخطأ التي تتسبب عادة في أمراض مميتة.

إن أبحاث الخلايا الجذعية البشرية سواءً الجنينية أو البالغة سوف تحدث تغيرًا دراماتيكيا في طرق تكوين وتطوير العقاقير الطبية واختبار آثارها ومدى تأثيرها، فعلى سبيل المثال: الأدوية الجديدة يمكن أن تختبر أولاً على الخطوط الخلوية للخلايا الجذعية بدلاً من الخطوط الخلوية المستخدمة حاليًّا وهي في الغالب لخلايا سرطانية. كما أن الخلايا الجذعية سوف تمكّن الباحثين من اختبار الأدوية على أنواع عديدة من الخلايا، ولكن هذا لن يحل محل التجارب على الحيوانات وعلى الإنسان، وإنما سوف يعمل على تنظيم عمليات تطوير وتكوين العقاقير الطبية، حيث إن العقاقير التي تظهر نتائج فعالة وغير ضارة على الخلايا الجذعية سوف يتم اختبارها وتجريبها على الحيوانات المعملية وعلى الإنسان لاحقًا.

تستخدم الخلايا الجذعية فيما يعرف بالعلاج الخلوي cell therapy، حيث إن هناك العديد من الأمراض والاعتلالات التي يكون سببها الرئيس هو تعطل الوظائف الخلوية

وتحطم أنسجة الجسم للخلايا الجذعية التي يتم تحفيزها لتكوين خلايا متخصصة تمثل مصدرًا متجددًا لإحلال الخلايا والأنسجة، مما يوفر علاجًا لعدد كبير من الأمراض المستعصية مثل باركسون ومرض الزهايمر وإصابات الحبل الشوكي والجلطة الدماغية والحروق وأمراض القلب والسكري والتهاب المفاصل العظمي والتهاب المفاصل الروماتويدي، وقد تستفيد جميع المجالات الطبية مستقبلاً من هذه الخلايا وتطبيقاتها.



شكل (١: ١٤) يبين مجالات أبحاث الخلايا الجذعية

أمثلة على الاستخدامات الطبية:

١. **الأمراض العصبية:** إن من أهم الأمراض التي يمكن أن تحقق فيها الخلايا الجذعية الجنينية نجاحًا طبياً هي بعض أمراض الجهاز العصبي خاصة مرض باركتسون ومرض زهايمر والعديد من الأمراض العصبية التي لا علاج لها.

٢. **أمراض القلب:** زراعة خلايا عضلية سليمة قد يقدم أملاً جديدًا للمرضى الذين يعانون من أمراض القلب المزمنة التي تجعل القلب غير قادر على ضخ الدم

بكميات كافية، ويتمثل هذا الأمل في تكوين خلايا عضلية قلبية من الخلايا الجذعية المختلفة ومن ثم زراعتها في عضلة القلب الضعيفة، وذلك بهدف القدرة الوظيفية للقلب الضعيف. إن التجارب الأولية في الفئران وحيوانات أخرى أظهرت أن الخلايا الجذعية التي زرعت في القلب نجحت في إعادة تأهيل أنسجة القلب وأدت عملها بالاشتراك مع الخلايا الأصلية.

٣. **أمراض السكري:** في العديد من الأشخاص الذين يعانون من النوع الأول (type I) من السكري يتعطل إنتاج الأنسولين من الخلايا البنكرياسية المنتجة له التي تعرف بجزر لانجرهانز، في الوقت الحالي تتوفر أدلة على أن زراعة البنكرياس أو الخلايا المعزولة من الجزر البنكرياسية قد تحد من الحاجة إلى حقن الأنسولين، الخطوط الخلوية من خلايا الجزر البنكرياسية المشتقة من الخلايا الجذعية البشرية يمكن استخدامها في أبحاث مرض السكري ومن ثم زراعتها في المرضى. وبالرغم من أن هذه الأبحاث تعطي آمالاً كبيرة إلا أنه لا يزال هناك الكثير من الجهد الذي يتوجب بذله قبل تحقيق هذه الآمال، فهناك تحديات تقنية لا بد من التغلب عليها أولاً قبل البدء في تطبيق هذه الاكتشافات في العيادات الطبية، ومع أن هذه التحديات كبيرة وصعبة إلا أنها ليست مستحيلة.

التغلب على الرفض المناعي:

وقبل التمكن من استخدام هذه الخلايا في الزراعة يجب التغلب على المشكلات المعروفة الناتجة عن الرفض المناعي، حيث إن الخلايا الجذعية المشتقة من الأجنة سوف تكون مختلفة جينيًّا عن المستقبل لها، حيث يجب أن تتركز الأبحاث على تعديل الخلايا الجذعية بحيث يقلل من التباين النسيجي قدر الإمكان أو تكوين بنوك مليئة بمختلف أنواع الأنسجة والهيئات الوراثية المختلفة. كما أن استخدام تقنية نقل أنوية الخلايا الجسدية (SCNT) (الاستنساخ العلاجي) قد تشكل طريقة أخرى للتغلب على مشكلات التباين النسيجي لبعض المرضى، فعلى سبيل المثال شخص مصاب بفشل متقدم في عضلة القلب يمكن استخدام تقنية أنوية الخلايا الجسدية لنقل نواة خلية جسدية من المريض إلى بويضة منزوعة النواة، وعن طريق التحفيز المناسب سوف تنقسم هذه البويضة وتنمو لتكون طور blastocyte، بعد ذلك يمكن عزل مجموعة من خلايا كتلة الخلايا الداخلية وذلك لتنمية

مزرعة من الخلايا الجذعية الجينية، هذه الخلايا يمكن فيما بعد تحفيزها لتكون خلايا عضلية قلبية والتي تكون متطابقة جينيًّا مع أنسجة المريض، وعند زراعة هذه الخلايا في جسم المريض فإنه لن يكون هناك رفض لها ولن يكون هناك داع لإخضاع المرض للعقاقير المثبطة للمناعة والتي قد تكون لها بعض الآثار السمية على الأنسجة.

الخلايا الجذعية البالغة Multipotent stem cells

توجد في بعض أنواع الأنسجة البالغة كما أشرنا سابقًا، إن الخلايا الجذعية البالغة مهمة لإمداد الأنسجة بالخلايا التي تموت كنتيجة طبيعية لانتهاء عمرها المحدد في النسيج ولأسباب طبيعية، وذلك كما أشرنا في مثال خلايا الدم الجذعية.

الخلايا الجذعية البالغة لم يتم بعد اكتشافها في جميع أنواع الأنسجة، ولذلك فإن الأبحاث في هذا المجال تسير على قدم وساق، فعلى سبيل المثال كان من المعتقد - وإلى وقت قريب - أن الخلايا الجذعية غير موجودة في الأنسجة العصبية البالغة، ولكن في السنوات الأخيرة تم عزل خلايا جذعية عصبية من الجهاز العصبي للجرذان والفئران، وحتى الإنسان، وإن كانت الخبرة فيه أقل منها في حيوانات التجارب، حيث إنه تم عزل الخلايا الجذعية العصبية من الأجنة البشرية وبعض الخلايا التي يعتقد أنها خلايا جذعية من بعض الأنسجة الدماغية البالغة التي أزيلت جراحيًّا أثناء علاج مرضى الصرع.

بين الخلايا الجذعية الجنينية والبالغة:

حتى وقت قريب كان هناك القليل من الأدلة المتوفرة على أن الخلايا الجذعية البالغة مثل الخلايا الجذعية الدموية - على سبيل المثال - يمكن أن تغير مسارها الذي هو تكوين الخلايا الدموية وتتجه إلى مسار آخر لتكوين نوع مختلف من الخلايا كخلايا الكبد أو أي نوع آخر من الخلايا غير الخلايا الدموية.

ولكن الأبحاث الأخيرة التي أجريت على الحيوانات وعلى الخلايا الجذعية البشرية البالغة بينت أن الخلايا الجذعية البالغة التي كان يعتقد أنها مبرمجة لسلوك خط واحد من الخلايا المتخصصة قادرة على التحول إلى أنواع أخرى من الخلايا المتخصصة، فعلى سبيل المثال دلت التجارب التي أجريت مؤخرًا على الفئران على أن الخلايا الجذعية العصبية عندما يتم نقلها إلى نخاع العظام فإنها تعمل على إنتاج خلايا الدم المختلفة،

وبالإضافة إلى ذلك دلت التجارب التي أجريت على الجرذان أن الخلايا الجذعية المعزولة من نخاع العظم قادرة على إنتاج خلايا كبدية وجلدية وعصبية وعدة أنواع أخرى.

هذه الدراسات المثيرة وغيرها من الدراسات التي ظهرت مؤخرًا بينت أنه - حتى بعد أن بدأت الخلايا الجذعية في التخصص فإنها تحت ظروف معينة تظهر نوعًا من المرونة أكثر مما كان معتقدًا، ولكن حتى هذه اللحظة فإن المرونة لم تلاحظ إلا على أنواع محدودة من الأنسجة وليس على كل أنواع الخلايا الجذعية البالغة.

الخلايا الجذعية البالغة ومعوقات استخدامها في العلاج:

إن الأبحاث على الخلايا الجذعية البشرية البالغة بينت أن هذه الخلايا لها فائدة عظيمة على مستوى الأبحاث وعلى تطور طرق العلاج الخلوي على حد سواء، فعلى سبيل المثال سيكون هناك العديد من الفوائد في استخدام هذه الخلايا للزراعة، فلو استطعنا عزل الخلايا الجذعية البالغة من أنسجة المرضى أنفسهم ومن ثم توجيهها للانقسام والتخصص في اتجاه معين ومن ثم زراعتها مرة أخرى في أنسجة المريض المصابة. فإن ذلك سوف يقلل إلى حد بعيد احتمالية رفض الجسم لهذه الخلايا.

إن نجاح استخدام الخلايا الجذعية البالغة في العلاج الخلوي سوف يؤدي حتمًا إلى تقليل أو حتى إلغاء استخدام الخلايا الجذعية المشتقة من الأجنة البشرية، وبالتالي تجنب الجدل الأخلاقي الكبير المثار حول هذا المصدر للخلايا الجذعية.

هناك معوقات في استخدام هذه الخلايا، من ذلك أنه إلى الآن لم يتم عزل الخلايا الجذعية البالغة من جميع أنسجة الجسم، فعلى الرغم من أنه قد تم التعرف على العديد من أنواع الخلايا الجذعية البالغة إلا أنه لم يتم عزلها من جميع أنواع أنسجة المختلفة، مثل الخلايا الجذعية القلبية.

الأمر الثاني الذي يعيق الاستفادة من هذه الخلايا على الوجه الأكمل هو أن هذه الخلايا لا توجد إلا بكميات قليلة تجعل من الصعب عزلها وتقنيتها، كما أن عددها قد يقل مع تقدم العمر بالإنسان، فالخلايا الجذعية العصبية - على سبيل المثال - تم الحصول عليها بعد إزالة جزء من الدماغ في مرضى الصرع، وهذا إجراء غير عادي. إن أي محاولة لاستخدام الخلايا الجذعية المعزولة من جسم المريض لعلاجه تتطلب أولاً عزلها من المريض ومن ثم تنميتها في مزارع خلوية بهدف الحصول على كميات وافرة منها تكفي للعلاج، وهذه

الإجراءات قد تتطلب وقتًا طويلاً والذي قد لا يتوفر لبعض المرضى المصابين بأمراض خطيرة قد لا تمهلهم حتى يتم الحصول على كمية كافية من هذه الخلايا للعلاج، كما أنه في بعض الأمراض التي تتسبب فيها العيوب الوراثية في الخلايا. فإن هذه العيوب قد تكون موجودة أيضًا في الخلايا الجذعية مما يجعلها غير صالحة لعملية الزراعة.

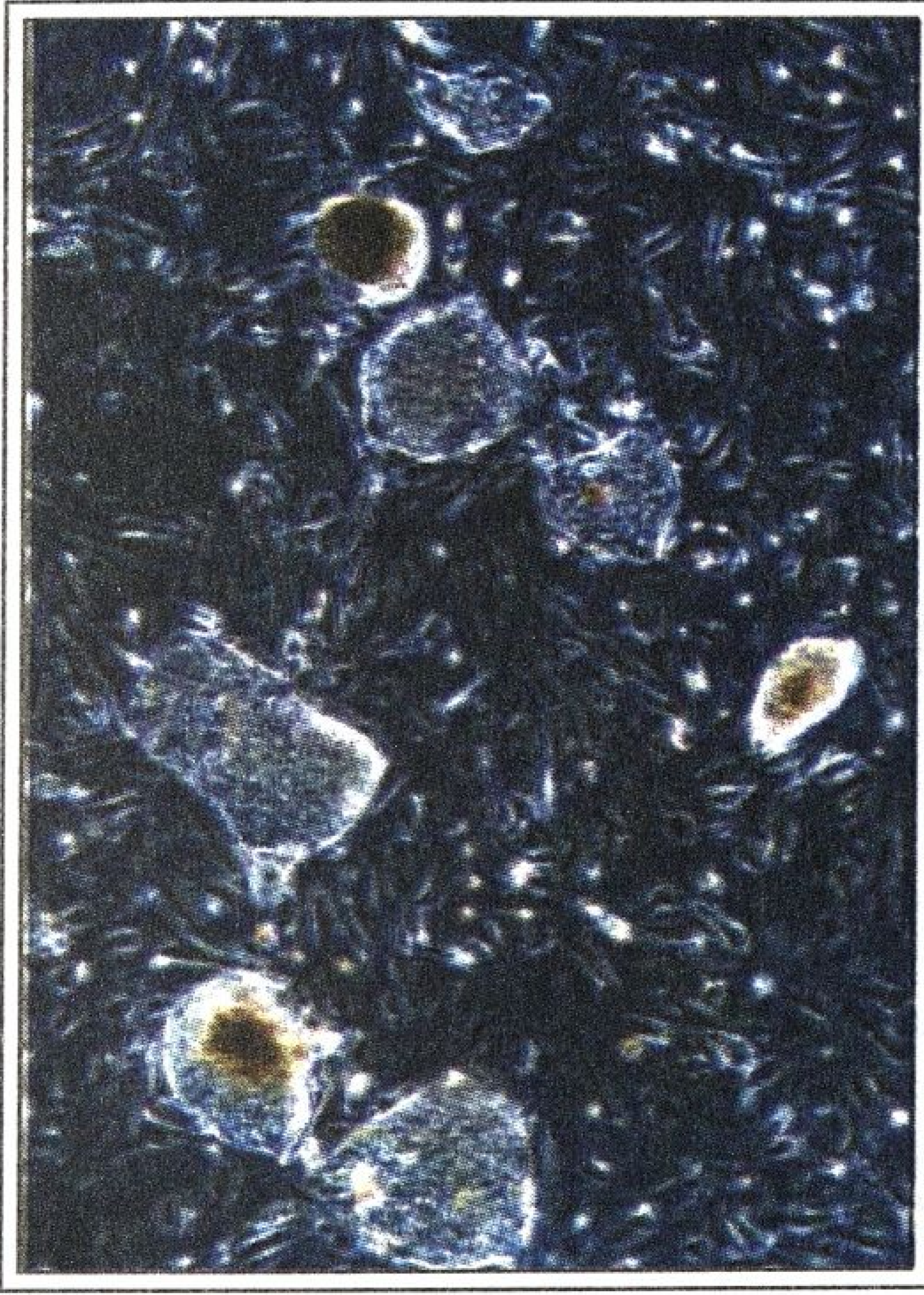
كما أن هناك أدلة على أن الخلايا الجذعية البالغة ليس لها نفس قدرة التكاثر الموجودة في الخلايا الجذعية الجينية، إضافة إلى ذلك فإن الخلايا الجذعية البالغة قد تحتوي على عيوب في تركيب الحامض النووي DNA وذلك نتيجة تعرضها أثناء حياة الإنسان إلى العديد من المؤثرات كأشعة الشمس والسموم، وبسبب الأخطاء المتوقعة أثناء عملية تضاعف الحامض النووي DNA في دورة حياة هذه الخلايا.

إن هذه العيوب والمعوقات قد تحد من مدى الاستفادة من هذه الخلايا، ما لم يتمكن العلماء من تذليلها والتقليل من آثارها السلبية.

إن الأبحاث على المراحل الأولى لعملية تخصص الخلايا قد لا تكون ممكنة أثناء دراسة الخلايا الجذعية البالغة، وذلك بسبب ما تظهره من زيادة في التخصص مقارنة بالخلايا الجذعية الجنينية pluripotent stem cells بالإضافة إلا أن الخلايا الجذعية البالغة قد تكون قادرة على إنتاج عدد من أنواع الأنسجة الأخرى ولكنها لا تتمتع بنفس قدرة الخلايا الجذعية الجنينية على إنتاج العديد من أنواع الأنسجة المختلفة، ولهذه الأسباب فإنه من المهم إجراء المزيد من الدراسات حول الخلايا الجذعية البالغة وذلك بهدف التعرف على المزيد من خصائصها ومقارنتها بالخلايا الجذعية الجنينية.

الخلايا الجذعية الجنينية ومصادرها المثيرة للجدل:

قد يتساءل البعض عن السبب الذي يدعو إلى إهدار كل هذا الوقت والمال والجهد في أبحاث الخلايا الجذعية البالغة بالرغم من وجود الخلايا الجذعية الجنينية والتي تتميز عن الخلايا الجذعية البالغة بعدة صفات تجعلها في مكانة أفضل منها بكثير. فمن المعروف أن الخلايا الجذعية الجنينية تنتج إنزيم telomerase والذي يساعدها على الانقسام باستمرار وبشكل نهائي، بينما الخلايا الجذعية البالغة لا تنتج هذا الإنزيم إلا بكميات قليلة جدا أو على فترات متباعدة مما يجعلها محدودة العمر وبالتالي غير مناسبة للأبحاث كالخلايا الجذعية الجنينية.



كما أن الخلايا الجذعية الجنينية قادرة على التحول إلى جميع أنواع الأنسجة الموجودة في جسم الإنسان، بينما الخلايا الجذعية البالغة لا تتمتع بهذا المدى الكبير من القدرة على التحول، وهذا يجعل الخلايا الجذعية الجنينية أفضل من الخلايا الجذعية البالغة.

مصادر أخرى للخلايا الجذعية:

معروف أن المصدر الأساس للخلايا الجذعية هو الأجنة البشرية لكن شركة Anthrogenesis حديثًا (إبريل ٢٠٠١م) اكتشفت مصدرًا غنيًّا بالخلايا الجذعية البالغة وهي المشيمة، ويقول الرئيس التنفيذي للشركة john Haises:
إنه يمكن بأسلوب جديد تنمية هذه الخلايا وتكثيرها بكميات كبيرة، وحيث إن المشيمة مما يتم التخلص منه بعد الولادة مباشرة فيعد هذا الأسلوب هو الأمثل كمصدر للحصول على الخلايا الجذعية، وسوف يحد من الحاجة إلى استخدام الأجنة البشرية، وهناك إلى الآن جدل علمي حول ما تحقق عن المشيمة كمصدر لهذه الخلايا، حيث إن الشركة لم تنشر نتائج أبحاثها رسميا وتعد الأنسجة الدهنية أحد مصادر الخلايا الجذعية البالغة، وقد تم نشر دراسة في مجلة Tissue engineering في شهر أبريل الماضي لمجموعة باحثين من جامعتي California Pittsburgh تثبت عزل خلايا جذعية من أنسجة دهنية عادية.

إن أحد المصادر الأخرى التي حققت نجاحًا في الحصول على الخلايا الجذعية هي نخاع العظم خاصة في تحويلها من نخاع العظام إلى خلايا كبدية عند زراعتها في الأطباق، وهناك تجارب أولية تثبت نتائجها أن الخلايا الجذعية في نخاع العظم قادرة على التحول إلى أي نوع من أنواع الخلايا إذا ما توفرت لها الظروف معمليا، نشرت مجلة ature medicine بحثًا وضح فيه الباحثون أنهم قاموا بعزل الخلايا الجذعية من بنكرياس الفئران وقاموا بتنميتها ومن ثم زراعتها من الفئران مصابة بمرض السكر حيث أظهرت هذه الخلايا قدرتها على التحول إلى خلايا منتجة للأنسولين.

الخلايا الجذعية بين الفقه والأخلاق:

أولاً: الناحية الفقهية:

جعل الإسلام من مقاصده الأساسية حفظ النفس والنسل، والفقه الإسلامي ذو منهجية ربانية في التعامل معهما، و حيث إن الأجنة مصدر رئيس للخلايا الجذعية فإن الفقهاء تعرضوا لذلك قديمًا وحديثًا، وعليه فإنني أحيل القارئ فيما يخص النواحي الفقهية في هذا الموضوع إلى القرارات (٦٠، ٥٩، ٥٨، ٥٧، ٥٦، ٥٥، ٥٤) الصادرة عن المجمع الفقهي الإسلامي في دورته السادسة المنعقدة بجدة في مارس ١٩٩٠م ويمكن تلخيص ذلك فيما يلي:

١. الجنين الآدمي له حرمة، وعلى هذا الأساس فإنه لا يجوز إجهاضه من أجل استخدام خلاياه واستثمارها تجاريا كأن تباع لإجراء التجارب عليها واستخدامها في زرع الأعضاء واستخراج بعض العقاقير منها.
٢. يجوز الانتفاع بالخلايا الجنينية المستمدة من الأجنة المجهضة لأسباب علاجية أو الأجنة الساقطة والتي لم تنفخ فيها الروح بعد، سواء في زراعة الأعضاء أو الأبحاث والتجارب المعملية وشروط الانتفاع ترتكز أساسًا على ضرورة الموازنة الشرعية بين المفاسد والمصالح.
٣. ليس هناك ما يمنع شرعًا من نقل الخلايا الجنينية في حالة الجنين الميت واستخدامها لعلاج الأمراض المستعصية في المخ ونخاع العظم وخلايا الكبد وخلايا الكلى والأنسجة الأخرى وفقًا للشروط الذي ذكرها المجمع الفقهي الإسلامي.
٤. لا يحرم استخدام الخلايا الجذعية الموجودة في الإنسان البالغ إذ إن أخذها منه لا يشكل ضررًا عليه فإذا أمكن تحويلها إلى خلايا ذات فائدة لشخص مريض وهذا الاستخدام يحقق مصلحة بدون ضرر مثل زراعة الأعضاء.
٥. لا يسمح المجمع بالتبرع بالنطف المذكرة أو المؤنثة (حيوانات منوية أو بويضات) لإنتاج بويضات مخصبة تتحول بعد ذلك إلى جنين بهدف الحصول على الخلايا الجذعية منه.
٦. يمنع المجمع الموقر طريقة الاستنساخ للحصول على الخلايا الجذعية الجنينية.
٧. إباحة طريقة الحصول على الخلايا الجذعية من خلال الحبل السري أو المشيمة.

ثانيًا : الجانب الأخلاقي

هناك سؤال: لماذا الخلايا الجذعية الجنينية أفضل من الخلايا الجذعية البالغة؟!.

إن الإجابة على هذا السؤال هي التي أوجدت الجدل الأخلاقي الكبير الذي يثار دائمًا حول مصادر الخلايا الجذعية الجنينية، واستخدام هذه المصادر يواجه انتقادًا حادا من الجماعات المناهضة للإجهاض ورجال الدين والمحافظين في الغرب، حيث يعارض هؤلاء استخدام الأجنة البشرية للدراسة والبحث؛ لما في ذلك من امتهان لكرامة الإنسان، كما أن هذه الأبحاث والتي تهدف أساسًا إلى الحفاظ على حياة الإنسان ليس من المعقول أن تتم على حساب حياة إنسان آخر، وتدعم هذه الجماعات رأيها بنتائج الأبحاث الأخيرة التي أظهرت أن الخلايا على عكس ما كان يعتقده العلماء سابقًا. بينما في الجانب الآخر يرى مؤيدو استخدام الخلايا الجذعية الجنينية أنه لا يوجد ما يستوجب كل هذا الجدل، حيث إن هذه الأجنة المستخدمة في الأبحاث سوف يتم التخلص منها وبالتالي فإن استخدامها سوف يساعد الملايين من البشر الذين هم على قيد الحياة وفي حاجة ماسة إلى علاج فعال للأمراض التي يعانون منها والذي يكمن في هذه الخلايا الجذعية. كما يأمل الأطباء.

وقد أوضح أخيرًا الرئيس بوش أن الحكومة الفيدرالية قد سمحت بأن تمول الأبحاث المتعلقة بالخلايا الجذعية الجنينية، وقد أثار القرار جملة من التساؤلات بما فيها القدر المتاح الذي ستسمح به السياسة الجديدة، حيث أكد أنه بالإمكان دعم نحو ٦٠ خطا لإنتاج الخلايا الجذعية مما حدا بأستاذ بيولوجيا الخلية (دوجلاس ميلتون) في جامعة هارفارد أن يقول: (كان قرار الرئيس حاسمًا لصالح الأبحاث)، وقد ذكر الرئيس بوش الجانب الأخلاقي في خطابه بقوله: (وتلح علينا بعض الأسئلة الجوهرية في هذا الموضوع وهي: ما هي البداية الحقيقية التي تبدأ عندها الحياة البشرية ويمكن وصف إعدامها بالقتل؟ وما هي حدود العلم وسلطان الأخلاق؟ ومهما يكن الجواب فإنه يجب احترام الإنسان في كل أطواره، والمشكلة. كما تبدو. عويصة ولا سبيل إذن غير حماية تقدمنا العلمي وصيانة أخلاقنا بمراعاة الاعتراضات ذات الأساس المتين).

2

الباب الثاني

تكوين الأمشاج

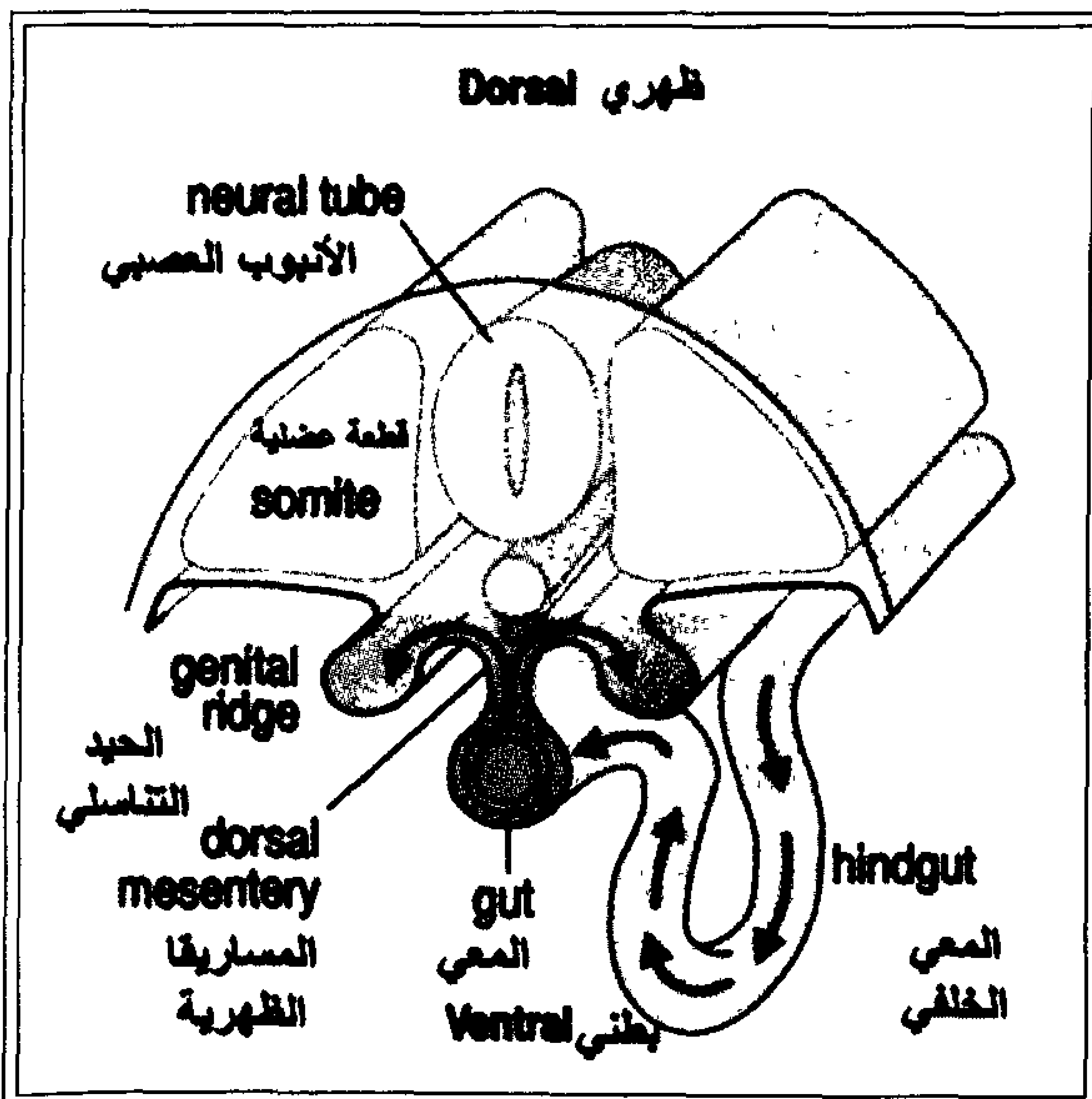
GAMETOGENESIS

- تمهيد
- الخلايا الجرثومية الأولية
- التمايز الجنسي
- تكوين الحيوانات المنوية
- زراعة الخلايا المنوية
- تكوين البويضات
- تركيب البويضة

تنتقل رسالة الصفات الوراثية من الوالدين عبر الخلايا الجنسية فقط Sex cells وتحتوي هذه الخلايا (الأمشاج) على نصف عدد الكروموزومات المميز للنوع، فهي بذلك تعتبر أحادية المجموعة الكروموزومية haploid، والأمشاج (سواء بويضات أو حيوانات منوية) عبارة عن خلايا جنسية لا تستطيع أن تتميز أو تنمو لتعطي أي تكوين إلا بعد أن يتم اللقاء بين خلية مشيجية مذكره (حيوان منوي) مع خلية مشجية مؤنثه (بويضة) لتعطي تكوين اللاقحة zygote، ويعود بذلك عدد الكروموزومات إلى العدد الزوجي diploid، وتتكون الأمشاج بنوعيها من خلايا تعرف بالخلايا الجرثومية الأولية Primordial germ cells.

الخلايا الجرثومية الأولية Primordial germ cells

تعتبر الخلايا الجرثومية الأولية والتي ينشأ منها تكوين كل من الحيوانات المنوية والبويضات همزة الوصل التي تعمل بين الأجيال المتعاقبة في طوائف الحيوانات المختلفة، والسؤال الذي كان يطرح كثيراً. ما هو منشأ هذه الخلايا؟ ومن أي الطبقات الجرثومية الثلاث تتكون؟



شكل (٢: ١) مسارات هجرة الخلايا الجرثومية الأولية في جنين الفأر

المصدر: After Wyliw C.C. et al.1993

كان الاعتقاد سابقاً أن منشأ هذه الخلايا في الغدد التناسلية إلا أن الملاحظات الوصفية والتجريبية أثبتت أن الخلايا الجرثومية الأولية تنشأ في أجزاء من الجنين بعيداً عن الغدد التناسلية ثم تهاجر مع تيار الدم لتصل إلى تلك الغدد وتستقر فيها (شكل ٢:١)، وكان التردد قائماً لفترة من الزمن بين كون هذه الخلايا اندودرمية أم ميزودرمية الأصل؛ ولكن هناك مجموعة من التجارب التي أثبتت أن أصل الخلية الجرثومية الأولية في أجنة الفقاريات هو خلايا الاندوروم نذكر منها:

١. عند منع الخلايا الجرثومية الأولية القادمة من كيس المح من الهجرة فإن الحيوان المتكون يكون عميقاً.
٢. حيث إن خلايا الاندودرم تتكون في المراحل المبكرة من جهة القطب الخضري للبويضة المخصبة فإن تعريض هذه المنطقة للأشعة الفوق بنفسجية يؤدي إلى اختزال عدد الخلايا الجرثومية الأولية في الأجنة المتكونة مما يدل على أن منشأها هو خلايا الاندروم.
٣. بتتبع سير وهجرة خلايا الاندودرم لكيس المح في الطيور (شكل ٢:١) وذلك بعمل قطاعات عرضية لمراحل مختلفة لوحظ أنها تذهب لتنغرس في المناسل.
٤. عند فصل خلايا الاندودرم في المراحل المبكرة للتكوين الجنيني فإن هذا يؤدي إلى تكوين أحنة عقيمة.

وهذا لا يعني أن كل ما في غدتي الخصية والمبيض تتكون من الاندودرم حيث ثبت أن خلايا سرتولى sertoli cells الموجودة في الخصية، والخلايا الحويصلية follicular cells الموجودة في المبيض تتكونان من الطبقة الجرثومية المتوسطة (الميزودرم).

التمايز الجنسي Sexual differentiation

على الرغم من أن جنس الجنين يتحدد منذ اللحظة الأولى للإخصاب فإنه لا تظهر عليه أي صفه من الصفات التي تحدد جنسه ذكراً أم أنثى، بعد تمايز الطبقات الجرثومية الثلاثة ومع تقدم عمر الجنين فإن منشأ كل من الكلية والمناسل يكون من الميزودرم المتوسط intermediate mesoderm. وتكون الكلية الجنينية في البداية ملتصقة بما يعرف بالحيد التناسلي genital ridge ثم لا تلبث أن تنفصل عنه بالتدريج، وفي نفس الوقت تهاجر الخلايا الجرثومية الأولية لتغرس نفسها داخل الحيد الجرثومي الذي يصبح تكوينه عبارة

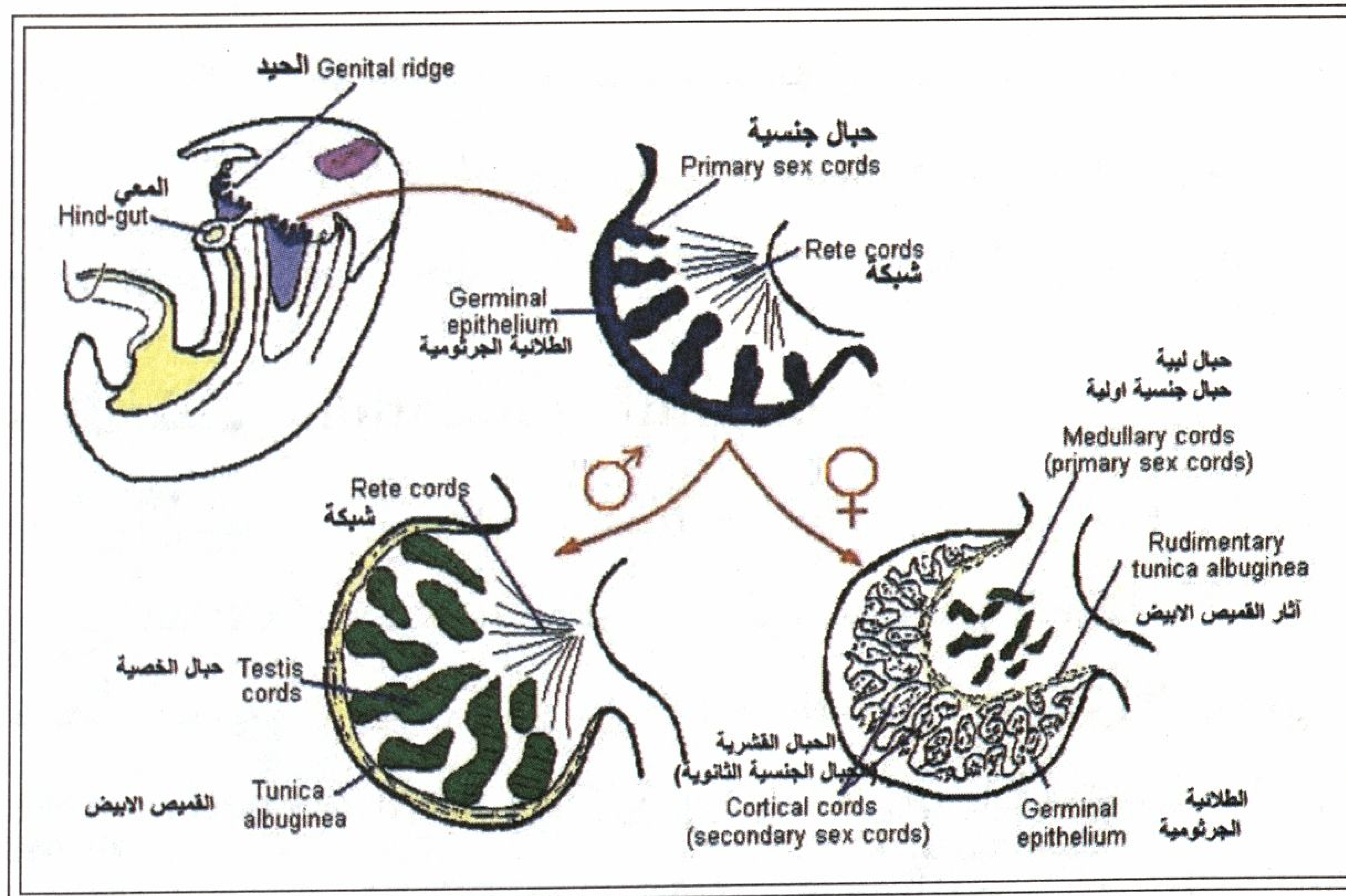
عن كيس ذو قشرة سميكة cortex إلى الخارج ولب medulla إلى الداخل وتنتشر بالداخل من الكيس الأحبال الجنسية، وتكون عبارة عن أحبال جنسية غير متميزة تعرف primitive sex cords، ويكون المنسل في هذه الحالة غير متميز indifferent gonad.

تكوين الخصية Testis Development

مع تقدم عمر الجنين يبدأ التمايز، ففي حالة تحول الحيوان المنوي إلى ذكر فإن عدد الأحبال الجنسية الأولية يكثر بحيث تملأ اللب وفي نفس الوقت يقل حجم القشرة وتعطي الأحبال الجنسية الأولية تكوين الأنيبيات المنوية بينما تعطي الخلايا الجنسية الأولية تكوين أمهات المني وبذلك تتكون الخصية التي هي السمة الأولى في معرفة الذكورة (شكل ٢:٢).

تكوين المبيض Ovary Development

في حالة تحول الحيوان إلى أنثى فإنه يحدث عكس ما حدث في تمايز وتكوين الخصية وذلك بأن تزداد القشرة في السمك زيادة كبيرة ويحدث ضمور في اللب إلى الداخل وتعطي الخلايا الجنسية الأولية تكوين أمهات البيض Oogonia وبذاك يتكون المبيض الذي هو مؤشر الأنوثة داخلياً (شكل ٢:٢).

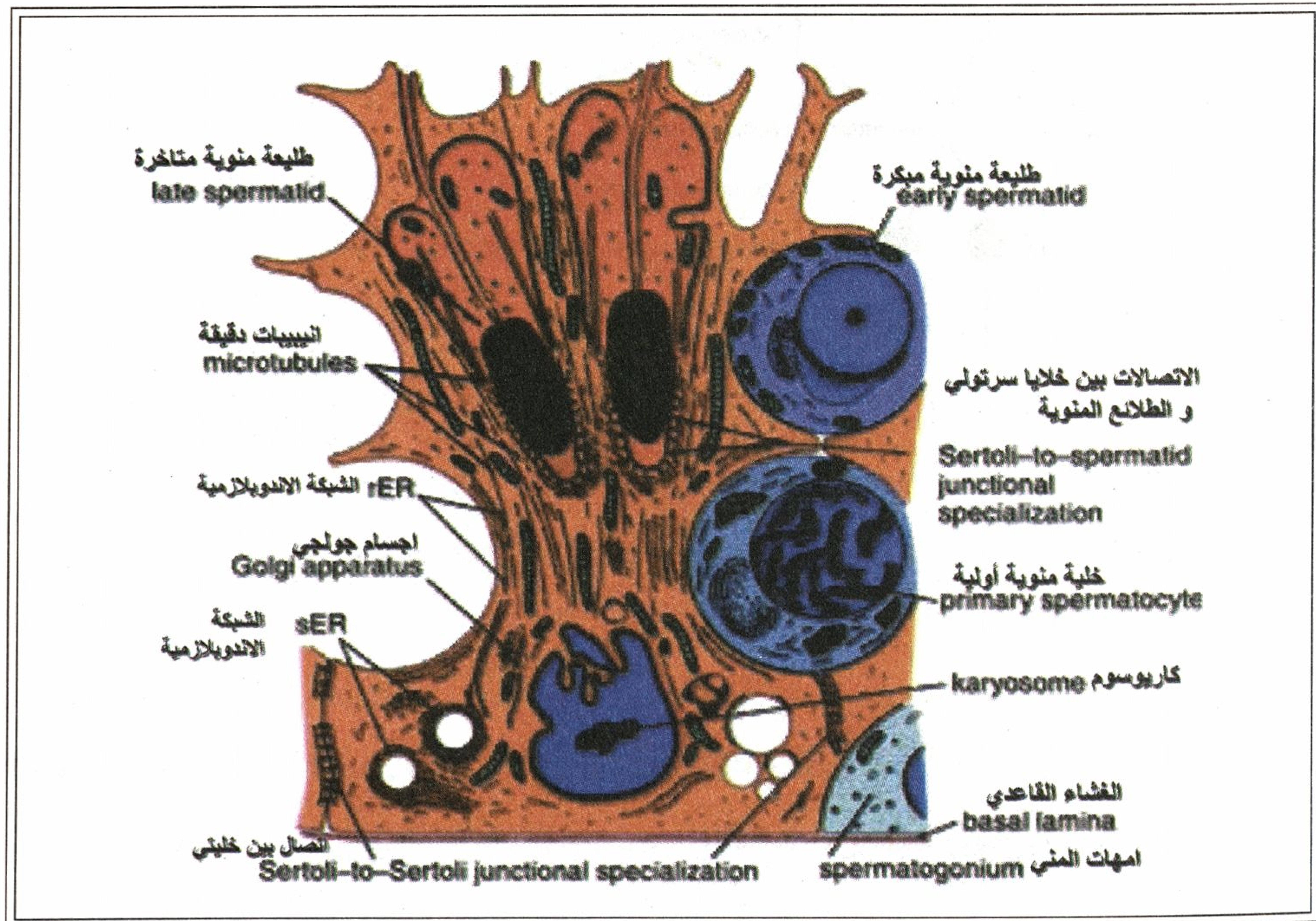


شكل (٢ : ٢) تمايز الخصية والمبيض

المصدر: www.herkules.oulu.fi

تكوين الحيوانات المنوية Spermatogenesis

الخصية هي المكان الوحيد لتكوين الحيوانات المنوية، ويتركب نسيج الخصية testis من أنيبيبات مئوية seminiferous tubules، وهي عبارة عن أنيبيبات طويلة وملتوية وتجتمع لتكون فصوص بينها كميات من الأنسجة الضامة connective tissue، تبدأ الخلايا الجرثومية الأولية primordial germ cells الموجودة في الأنيبيبات المنوية للخصية في تكوين خلايا أمهات المني spermatogonia، وتتحرك خلايا أمهات المني أثناء مراحل تحولها إلى حيوانات منوية ناضجة إلى المنطقة الداخلية حيث يقع تجويف الانيبيبة المنوية. وقد نلاحظ بين الخلايا المنبته نوعا من الخلايا يعرف بخلايا سرتولى Sertoli cells (في الفقاريات)، وهذه الخلايا لها دور رئيسي وأساسي في تغذية الخلايا المنوية الناشئة وفي نفس الوقت تزويدها ببعض العوامل والمواد التي تساعدها في الانقسام والنمو وتحثها على التمايز لذلك نلاحظها في القطاعات العريضة وهي ملتحمة ومرتبطة بالخلايا المنوية الناشئة (شكل ٢:٣).

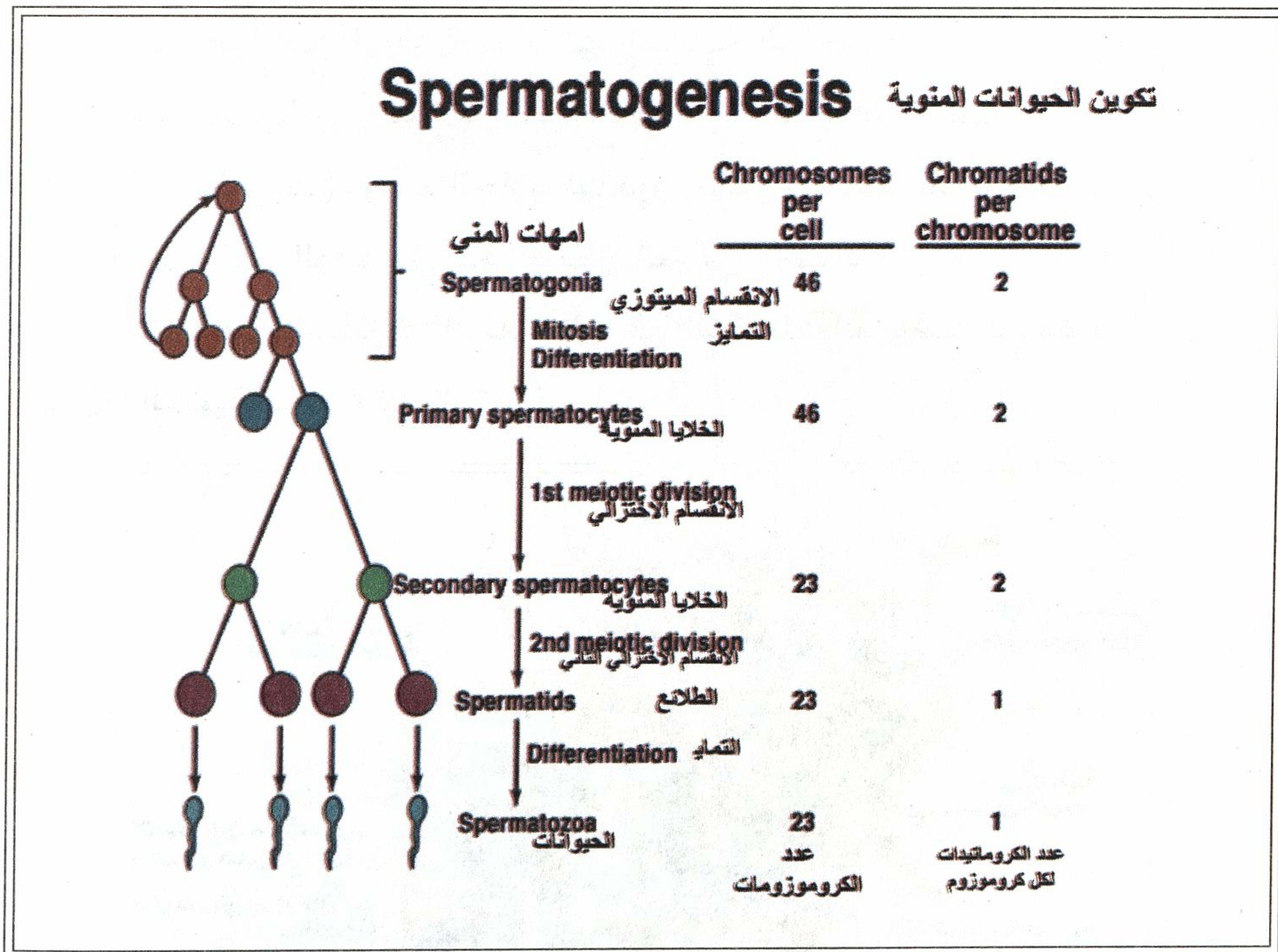


شكل (٢ : ٣) يوضح ارتباط خلايا سرتولي بالطلائع المنوية

المصدر: www.anatomy.iupui.edu

مراحل تكوين الحيوانات المنوية Spermatogenesis

إن تكوين الحيوانات المنوية في جميع الفقاريات تمر بمراحل واحدة وكما ذكرنا فإن الأنيبيبات المنوية الموجودة في الخصية تحتوي على الخلايا الجرثومية الأولية والتي بدورها تعطي تكوين أمهات المني spermatogonia ثم يتبع ذلك المرور بالمراحل التالية حتى تصل الحيوانات المنوية إلى التكوين المكتمل والقدرة على الإخصاب (شكل ٢: ٤).



شكل (٢: ٤) يوضح خطوات تكوين الحيوانات المنوية

المصدر: www.biocourse.com

١. مرحلة التضاعف Multiplication Phase

بعد تكوين أمهات المني من الخلايا الجرثومية الأولية فإن هذه الخلايا بدورها تستمر في الانقسام لعدد غير معلوم من المرات لتنتج عددا كبيراً من أمهات المني والتي تتحول إلى تكوين حيوانات منوية على مراحل متتالية.

٢. مرحلة النمو Growth Phase

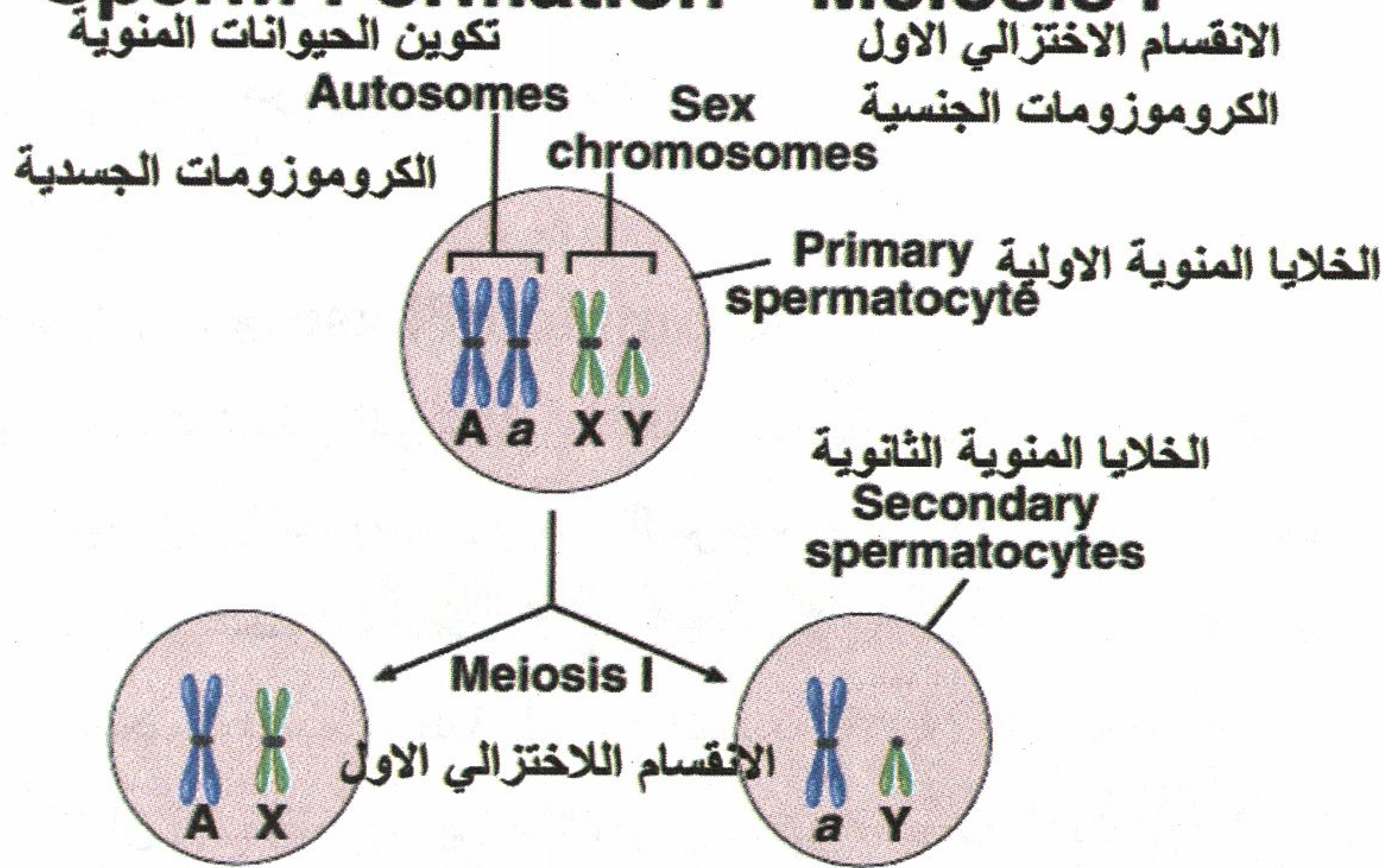
تتوقف أمهات المني عن الانقسام، ويزداد كل منها في الحجم كما أن نواتها تكبر وتتحرك هذه الخلايا نحو مركز الأنيبيبة مكونة بذلك الخلايا المنوية الابتدائية Primary spermatocytes.

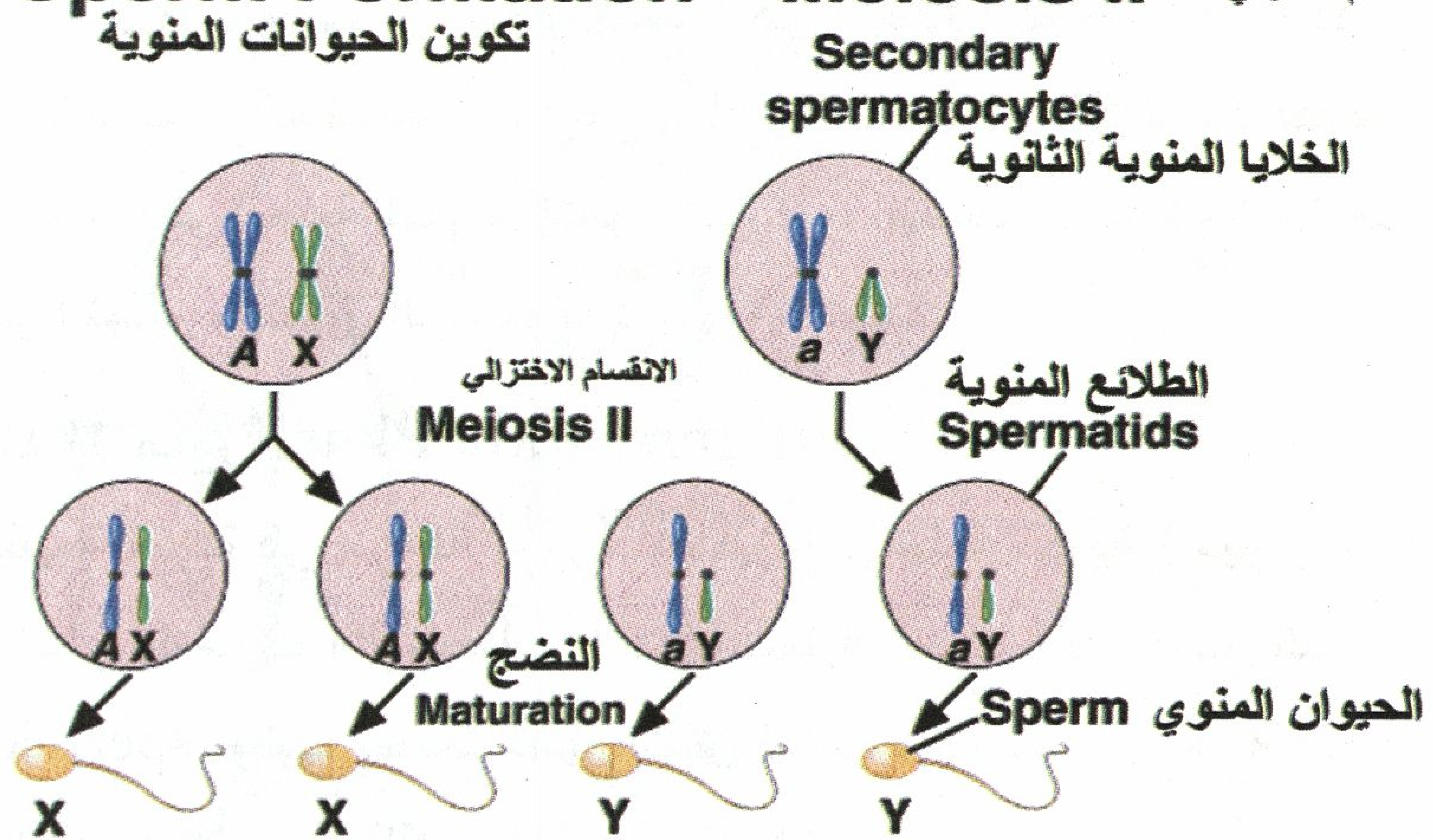
٣. مرحلة النضج Maturation Phase

عند تحول أمهات المني إلى خلايا منوية ابتدائية فإنها تبدأ في الانقسام إلى خليتين منويتين ثانويتين، وذلك بعد مرورها بالمرحلة الأولى من الانقسام الاختزالي mitosis والذي يؤدي إلى اختزال عدد الكروموزومات فيها إلى النصف، وتعرف كل خلية من الخليتين الناتجتين باسم الخلية المنوية الثانوية secondary spermatocyte، ويحدث ذلك بعد اقتران كل كروموزومين متشابهين في نواة الخلية الابتدائية (شكل ٢:٥) ليعطى تكوين الأجسام الرباعية tetrads، ثم تمر كل خلية منوية ثانوية بالمرحلة الثانية من الانقسام الاختزالي لتعطي أربع خلايا صغيرة هي الطلائع المنوية spermatids، تحتوي كل طليعة منها على نصف عدد الكرموزومات (أحادية haploid) وذلك بعد انفصال الأجسام الثنائية في الخلية المنوية الثانوية إلى كروماتيدات فردية، ثم تأخذ هذه الطلائع المنوية إلى التمايز والتحول إلى حيوانات منوية ناضجة.

٤. مرحلة التمايز Differentiation Phase

تمر كل طليعة منوية في مرحلة أخيرة لتتمايز إلى خلية ذكرية (حيوان منوي) تكون له القدرة على التحرك والإخصاب وتعرف عملية تحوله هذه باسم التحول النطفي spermiogenesis، وفيها يحدث تحور لشكل الطليعة المنوية من خلية عادية بها نواة يتضح فيها تكوين الأجسام الكروماتينية وسيتوبلازم به بعض التركيبات والتكوينات مثل جهاز جولجي والجسيمان المركزيان وغيرها من العضيات الخلوية، وأول التحولات التي تحدث في الطليعة المنوية هو تغير شكل النواة وموقعها حيث تصبح في مقدمة رأس الحيوان المنوي بدلا من تمركزها في وسط الطليعة وتندمج الحبيبات الكروماتينية فيها ويصبح حجمها أكبر مما كانت عليه ويختلف شكل النواة النهائي باختلاف نوع الحيوان، وليس هناك شكل محدد للأنوية في الحيوانات المنوية لجميع طوائف الحيوان، ففي الإنسان مثلا تأخذ شكلاً كمثرياً مفلطحاً كما أنها في الأسماك.

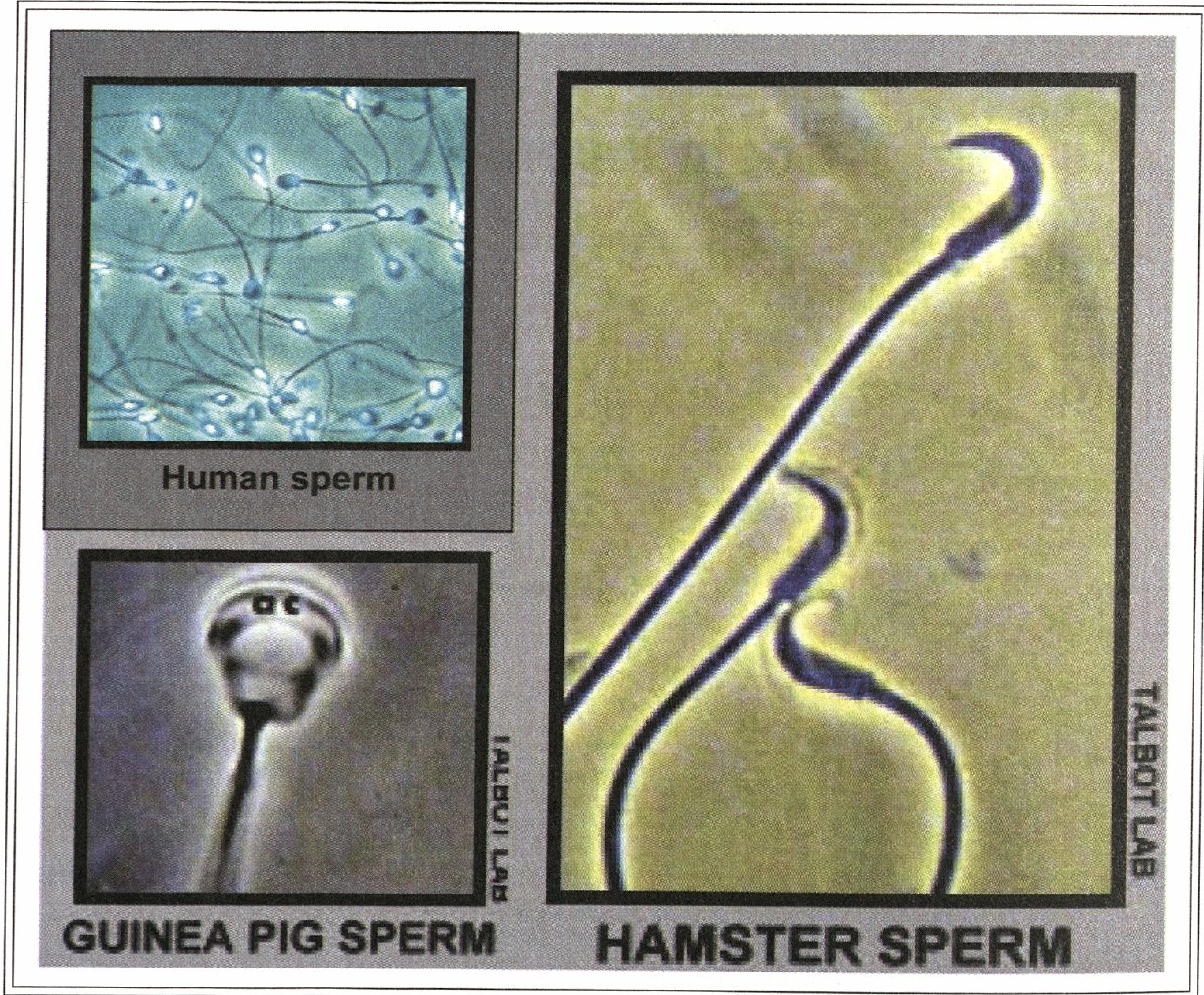




شكل (٢: ٥) يوضح اختزال عدد الكروموزات اثناء عملية تكوين الحيوانات المنوية
المصدر: www.biocourse.com

كروية الشكل وفي البرمائيات أسطوانية وفي الفأر تأخذ شكل المنجل (شكل ٢: ٦). ويتكون خلال عملية تحول الطليعة إلى حيوان منوي أيضاً ما يعرف بالجسم الثاقب acrosome والذي يكون موقعه أماما من النواة ويتم تكوينه باتحاد الحبيبات الصغيرة الموجودة في داخل جهاز جوالجي لتعطي حويصلة فجوية كبيرة تعرف باسم acrosomal vacuole

ويكون بداخلها الحبيبة الكبيرة المتجمعة من الحبيبات الصغيرة وتعرف باسم -pro acrosomal granule، ثم تتجه هذه الحويصلة نحو نواة الطليعة لتصبح محاذية لها من الأمام. يضغط السيتوبلازم على هذه الفجوة فيؤدي ذلك إلى تسطح وانتشار الحبيبة الكبيرة فوق الجهة الأمامية من النواة ويختزل تجويف الفجوة منسابا على جوانب النواة (شكل ٢:٧).

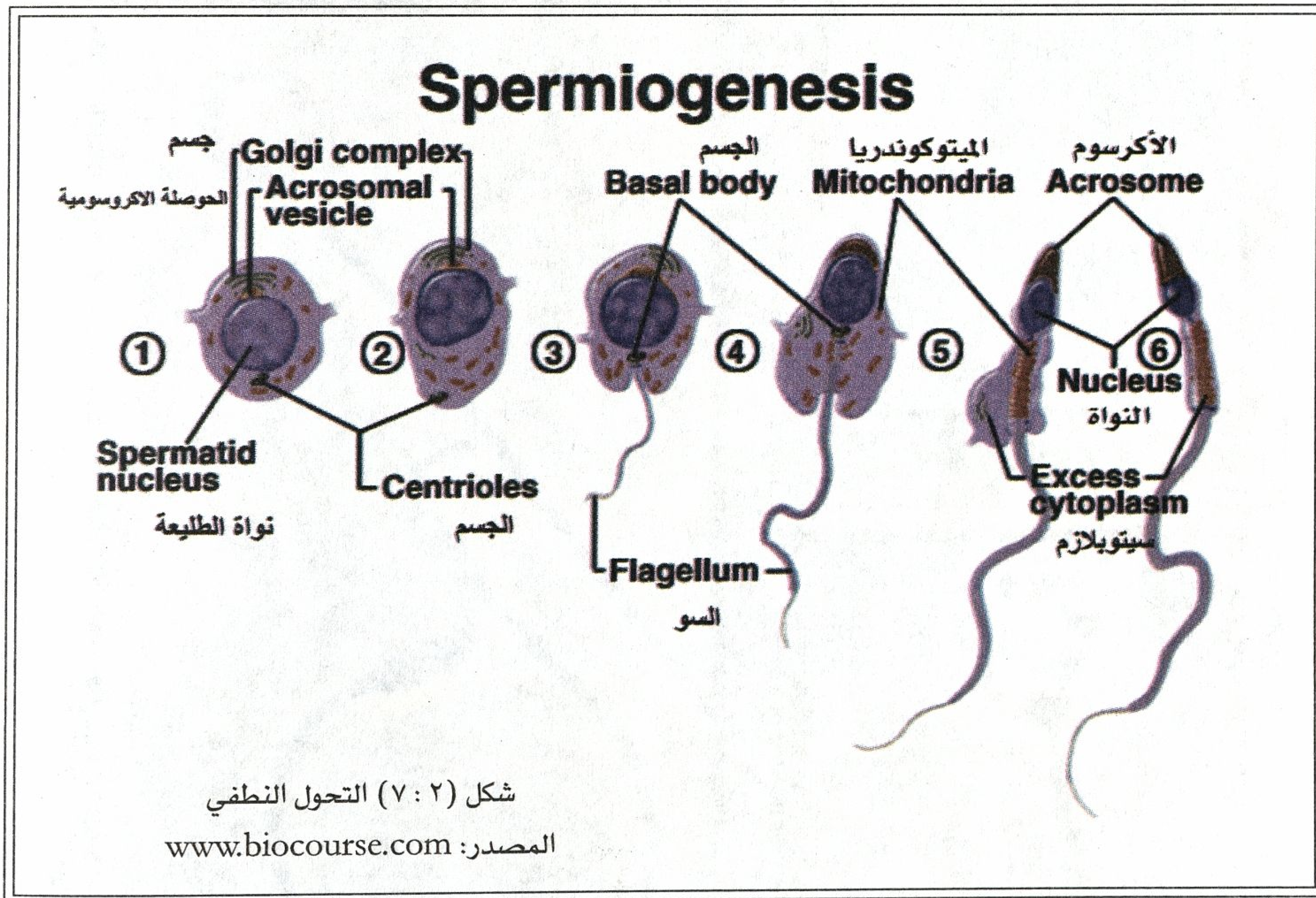


شكل (٢:٦) أشكال لرؤوس حيوانات منوية

المصدر: www.talbotcentral.ucr.edu
www.corante.com

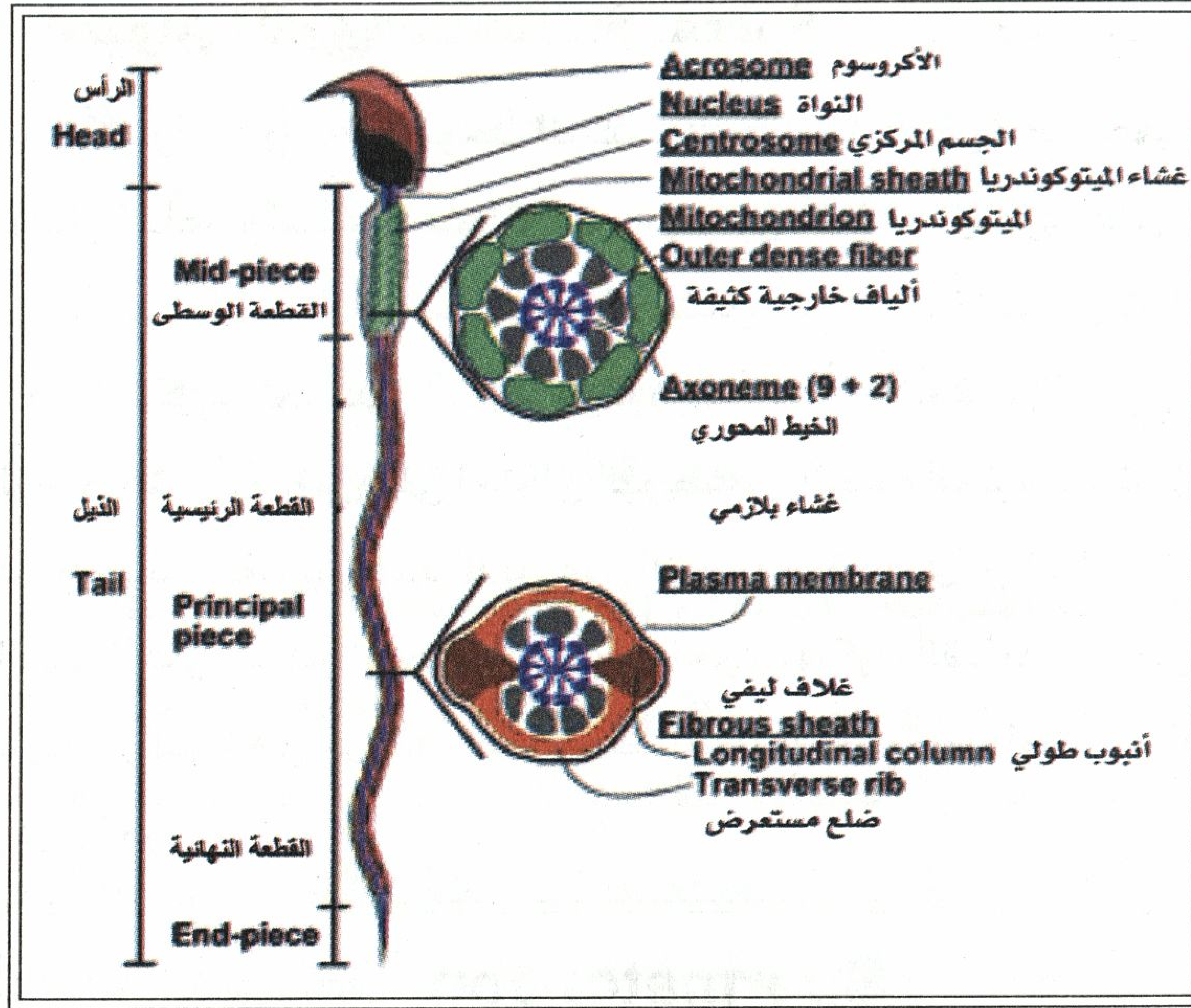
أما تكوين السوط flagellum (شكل ٢:٧) فيتم أيضاً تمايز الطليعة المنوية واستطالتها، حيث يتحرك الجسيمان المركزيان centrioles إلى الجهة الخلفية من النواة ومقابلاً للجسم الثاقب من الجهة الأخرى ويتخذ أحد الجسمين المركزين موقعاً قريباً من النواة ويعرف باسم Proximal centriole والآخر موقعاً بعيداً ويعرف باسم Distal

centriole ويبدأ الأخير بتكوين الذيل حيث يحيط بقية السيتوبلازم بما فيه من أجسام سبحيه (ميتوكوندريا) إلى الجهة الخلفيه لتعطي تكوين القطعة المتوسطة لتركيب الحيوان المنوي ويليها السوط الذي يتكون من الخيط المحوري، وهو يتكون من أنبوبتين منفصلتين في المركز ويحيط بكل أنبوبة وعلى مسافة متساوية تسعة من الأنابيب الصغيرة (شكل ٢:٨).



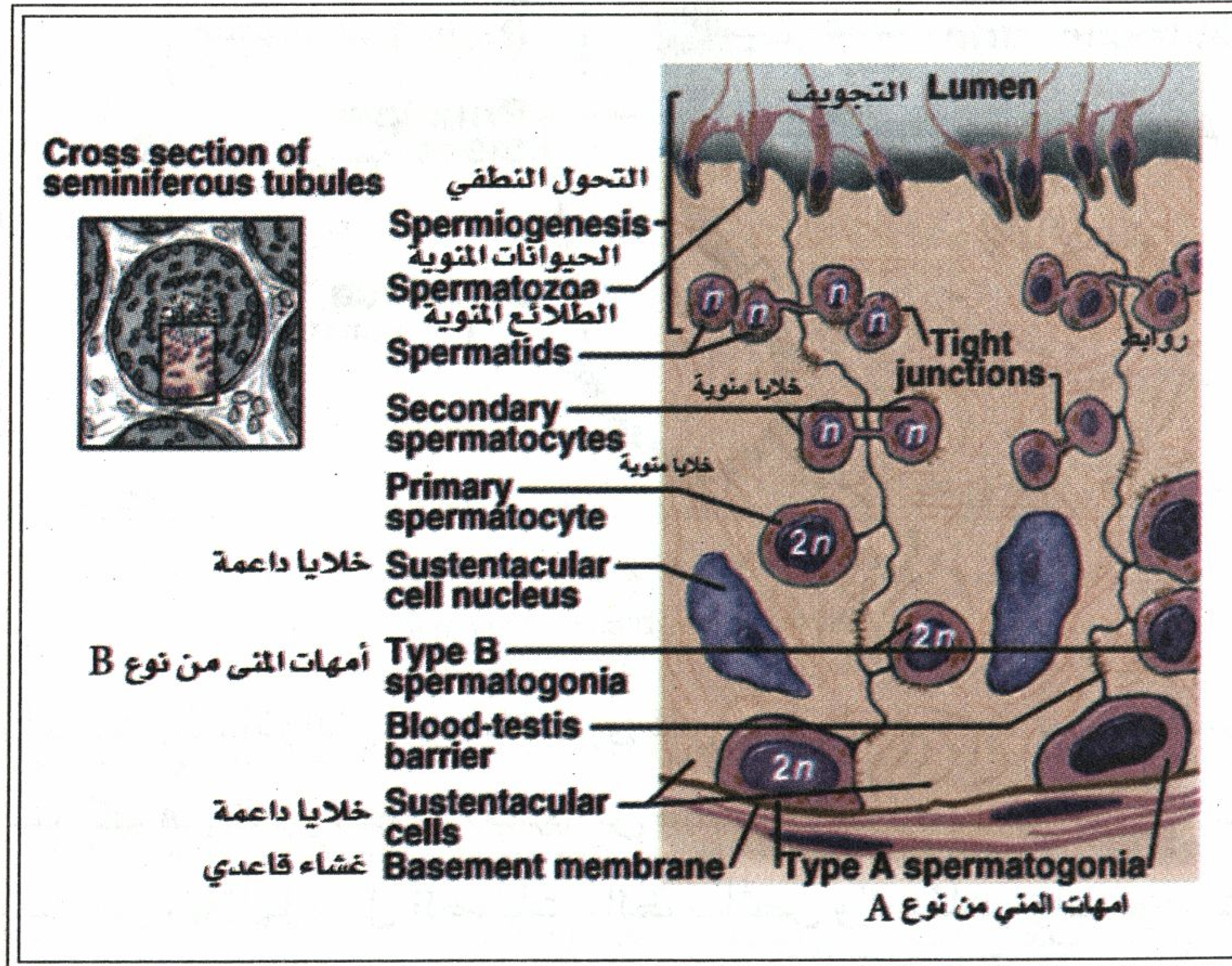
شكل (٢ : ٧) التحول النطفي
المصدر: www.biocourse.com

ولقد ثبت بالمجهر الإلكتروني أن الخلايا المنوية أثناء عملية تكوينها تكون متصلة مع بعضها البعض بجسور سيتوبلازمية (شكل ٢:٩)، وقد تكون هذه الاتصالات ذات دور كبير وعامل مهم في مرور جزيئات صغيرة من خلية إلى أخرى حتى يحدث تمايز نطف كثيرة في وقت واحد، وفي نفس الوقت فإن هذه الخلايا تحصل على غذائها ومتطلباتها الحيوية من خلايا سرتولى وهي خلايا عادية تحتوي على العدد الزوجي من الكروموزومات ولها خصائص الخلايا الجسمية.



شكل (٢ : ٨) يبين تركيب ذيل الحيوان المنوي

المصدر: www.accessorystructuresmail.med.uppen.edu

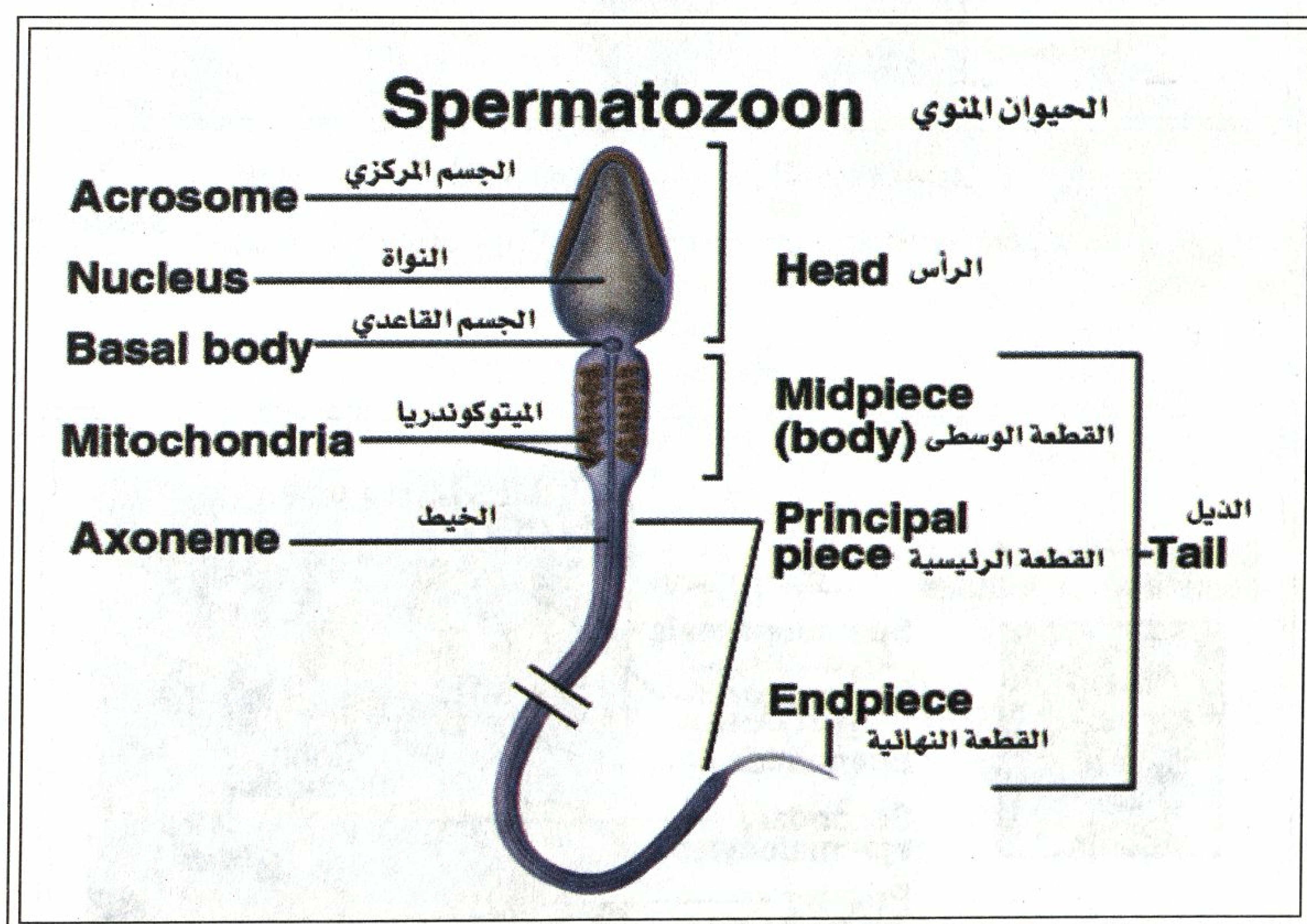


شكل (٢ : ٩) يوضح وجود روابط قوية بين الخلايا المنوية الناشئة

المصدر: www.biocourse.com

تركيب الحيوان المنوي Sperm Structure

ليس هناك شكل واحد ونموذج موحد لتركيب الحيوانات المنوية في جميع الحيوانات الفقارية، ولكن كقاعدة أساسية فإن كل حيوان منوي sperm يحتوي على ثلاثة أجزاء أساسية هي الرأس والقطعة الوسطى والذيل (شكل ٢:١٠). يختلف كل تركيب من هذه التركيبات في الشكل ويتحد في المحتوى والوظيفة، فرأس الحيوان المنوي بما فيه من تركيب (الجسم الثاقب) يعمل على اختراق البويضة، والقطعة المتوسطة تعمل على إمداد الحيوان المنوي بالطاقة، ويساعده الذيل على التحرك، فقد نرى أن الرأس الكبير مفلطح في بعض الحيوانات بينما هو مدبب في حيوانات أخرى، وتكون القطعة الوسطى صغيرة في بعض الفقاريات وكبيرة في حيوانات أخرى وكذلك الذيل قد يكون طوله أضعاف مضاعفه في حيوان دون آخر.



شكل (٢: ١٠) يبين تركيب الحيوان المنوي

المصدر: www.biocourse.com

ويحتوى الرأس على النواة والتي بدورها تحتوي على جميع المعلومات الوراثية المراد توصيلها للبويضة لتشاركها في ظهور صفات بعينها من صفات الأب، وهذا هو الدور الأساسي للنواة المنوية، حيث من خلالها تنقل الصفات والخصائص والمظاهر والسلوكيات من طرف الأب إلى الأجيال في كل طائفة من طوائف الحيوان، ويوجد إضافة إلى النواة الجسم الثاقب الذي يعمل على اختراق الأغشية الخارجية للبويضة بما يفرزه من إنزيمات (انظر

فصل الإخصاب). خلف النواة مباشرة من منطقة رأس الحيوان توجد القطعة الوسطى، حيث تحتوي على الميتوكوندريا الحاملة للإنزيمات المؤكسدة للمواد الغذائية وتنطلق عنها الطاقة. ويوجد الجسيمان المركزيان أيضاً في القطعة الوسطى، وهما يساعدان على تكوين المغزل أثناء انقسام البويضة المخصبة.

ويمتد الذيل خلف القطعة الوسطى. ووظيفته مساعدة الحيوان المنوي على الحركة لوجود الألياف الدقيقة على شكل انيبيبات فعند انقباضها تدفع الحيوان المنوي إلى الأمام.

زراعة الخلايا المنوية Culture of Spermatogenic Cells

لقد تمكن العلماء من الحصول على الخلايا المنوية في مراحلها المختلفة (الخلايا المنوية الابتدائية، الخلايا المنوية الثانوية، الطلائع المنوية) وتنميتها في بيئة صناعية، ولقد لوحظ أن هذه الخلايا تكمل ما بقى لها من مراحل تكوينها لتصل إلى حيوان منوي ناضج. فلو كانت خلايا منوية ابتدائية فإنها تنقسم لتعطي خلايا منوية ثانوية، وهذه بدورها تعطي طلائع منوية، ثم تتمايز الطلائع المنوية وتعطي حيوان منوي، ففي البرمائيات مثلاً بعد الحصول على الخلايا يتم فصلها عن بعضها البعض وتزرع في أنابيب أو أطباق بكثافة خلوية منخفضة low cell density في بيئة leibovitz-15 medium الخالية من المصل وفي درجة حرارة ٢٢°م، فتحولت بذلك هذه الخلايا المنوية وتمايزت وأعطت تكوين حيوان منوي ناضج يحتوي على الرأس وبه تكوين الجسم الثاقب acrosome والقطعة المتوسطة والذيل..

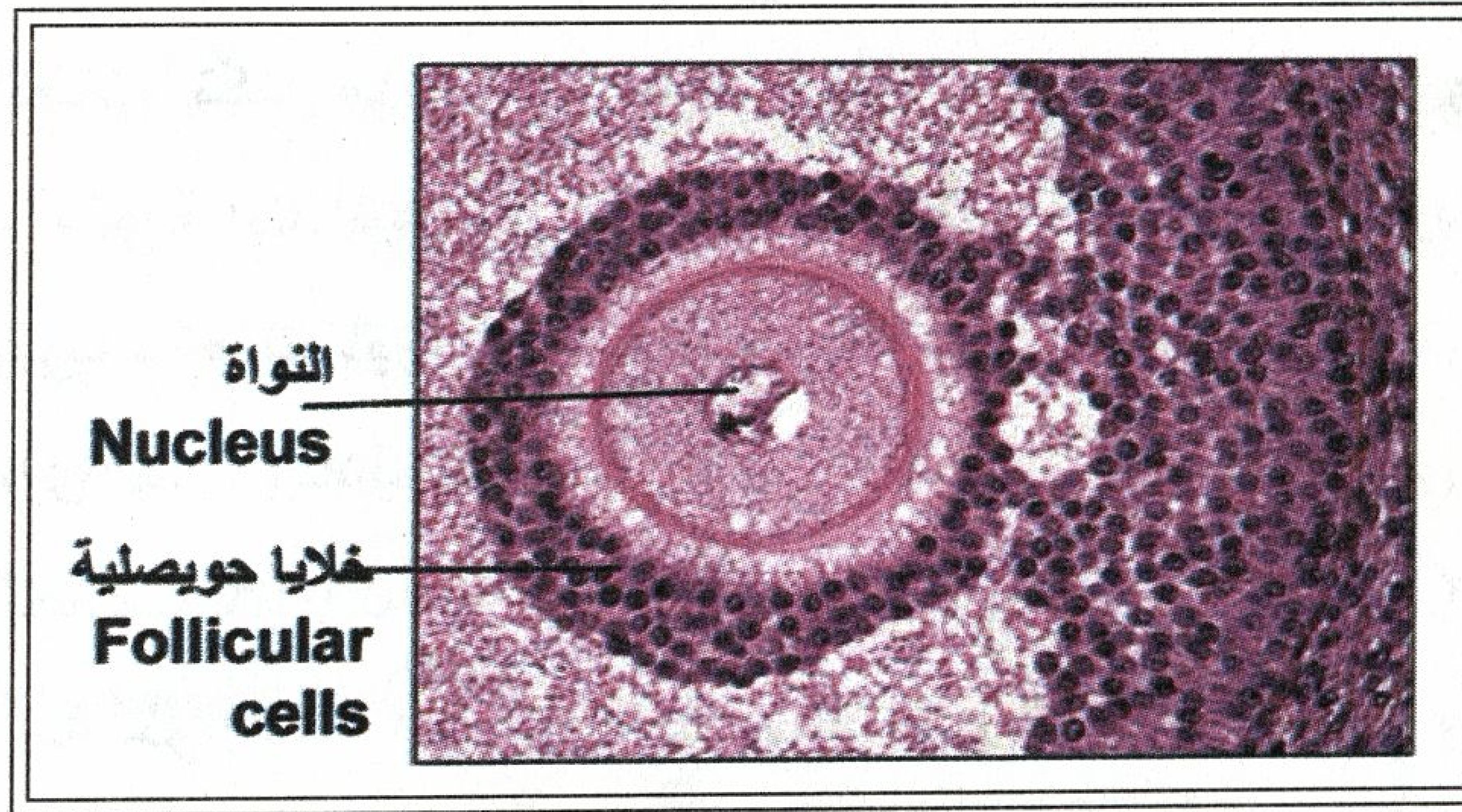
تكوين البويضات Oogenesis

تتكون البويضات في المبيض ovary ويمر تكوينها بنفس المراحل التي يمر بها تكوين الحيوانات المنوية مع وجود بعض الفوارق الأساسية في مرحلتي النمو والنضج وعدم وجود مرحلة تتمايز فيها البويضة إلى تركيب آخر (مرحلة التمايز differentiation phase)، وكذلك فإن فترة نضوج البويضة تأخذ وقتاً أطول إذا ما قورنت بنضوج الحيوان المنوي، وفي نفس الوقت فإن واحدة من أمهات المني تعطي تكوين أربع حيوانات منوية بينما تعطي واحدة من أمهات البيض تكوين بويضة واحدة وثلاثة أجسام قطبية، وإذا ما قارنا شكل البويضة وحجمها بشكل وحجم الحيوان المنوي فإن هناك اختلاف واضح.

مراحل تكوين البويضات

مرحلة التضاعف Multiplication Phase

في هذه المرحلة تنقسم الخلايا الجرثومية الأولية عدة مرات انقساماً غير مباشر لتعطي عدداً كبيراً من أمهات البيض Oognia وتحتوي كل من هذه الخلايا العدد الزوجي للكروموسومات، ثم تحاط كل واحدة من أمهات البيض بخلايا خاصة تعرف باسم الخلايا الحويصلية follicular cells وهي تظهر على شكل طبقة واحدة من الخلايا في بداية تكوين البويضة أو أكثر من ذلك (شكل ٢:١٢) حسب عمرها التكويني وتظهر هذه الخلايا على شكل نسيج طلائي مكعب، ويمكن ملاحظة أكثر من بويضة في عمر واحد أو في أعمار تكوينية مختلفة وذلك في دراسة قطاع عرضي لمبيض بعض الحيوانات.

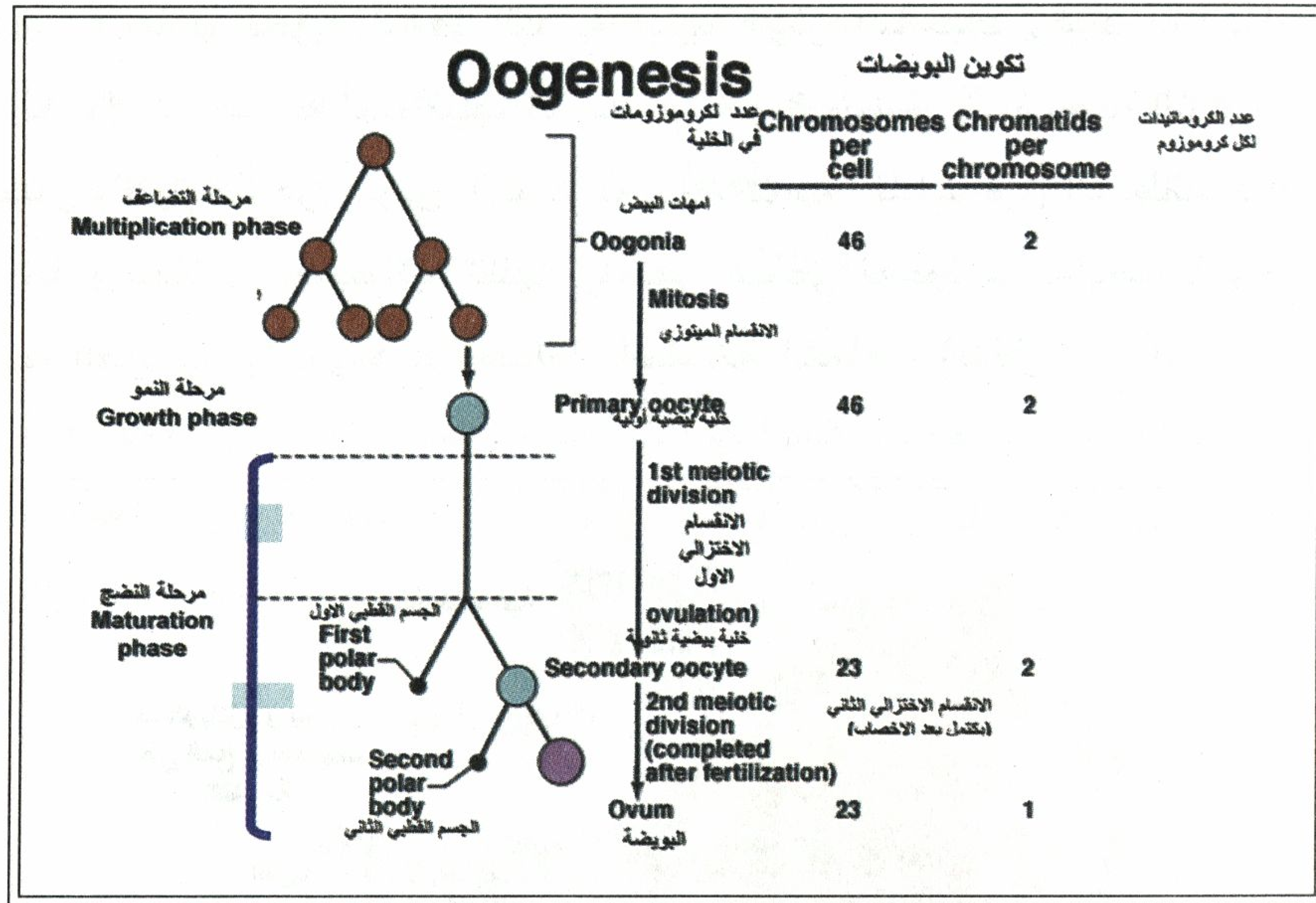


شكل (٢: ١٢) بويضة لأحد الفقاريات أثناء تكوينها ويلاحظ بها النواة وطبقة الخلايا الحويصلية المحيطة بها

المصدر: www.micro.magnet.fsu.edu

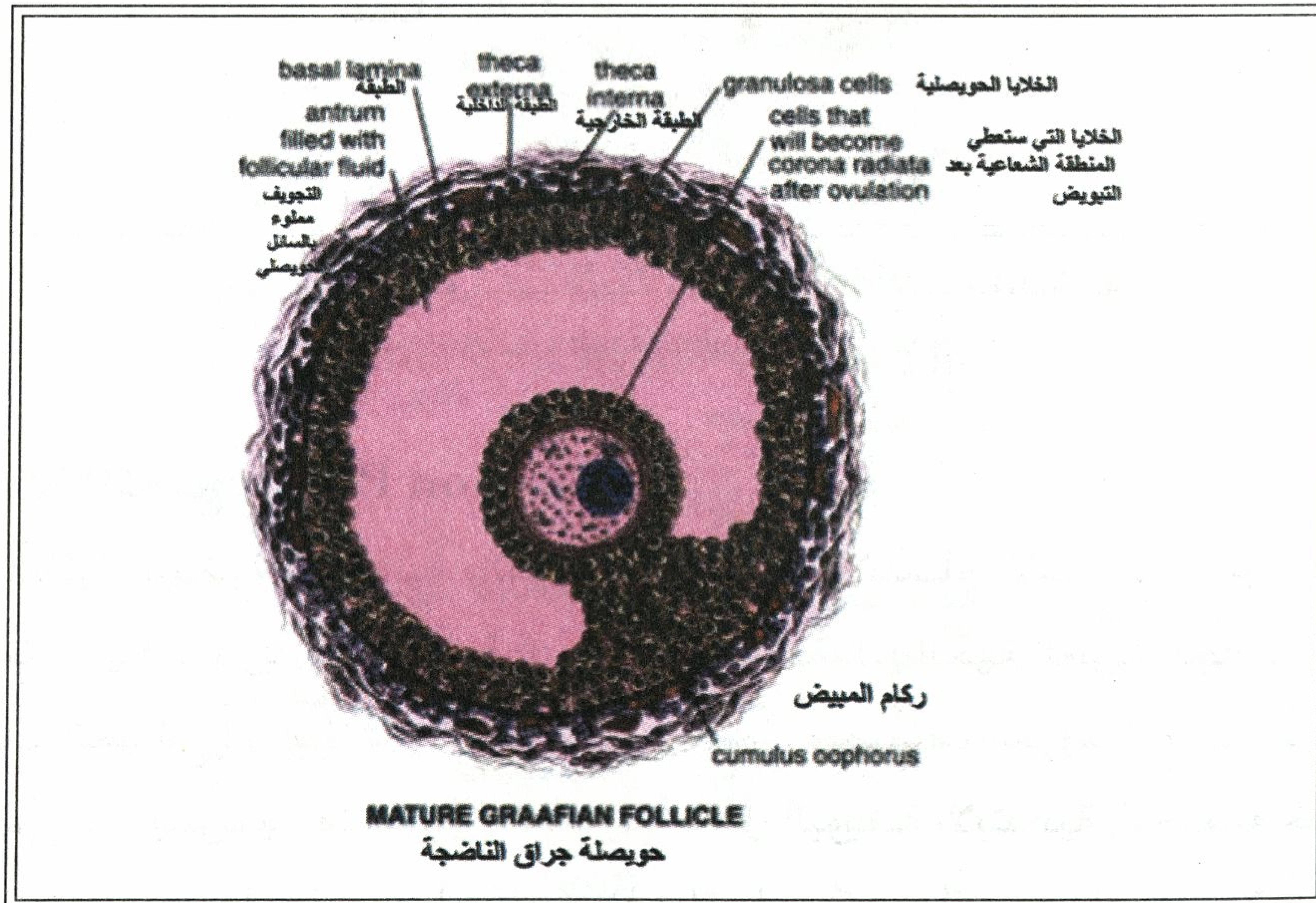
مرحلة النمو Growth Phase

وفي هذه المرحلة تزيد أمهات البيض في الحجم زيادة كبيرة لتعطي كل منها تكوين الخلية البيضية الابتدائية Primary oocyte (شكل ٢:١٣) وترجع الزيادة في حجم هذه الخلايا إلى تراكم المح اللازم لتغذية الجنين، وأكبر البويضات حجماً هي بويضات الطيور لاحتوائها على كمية كبيرة من المح، بينما أصغرها حجماً هي بويضات الثدييات إذ تكاد تكون خالية من المح ويلاحظ في هذه المرحلة أيضاً زيادة عدد طبقات الخلايا الحويصليه التي تنتظم حول البويضة ثم يتكون بعد ذلك وعن قرب نضج البويضة فراغ بين كتلتين من الخلايا الحويضلية (شكل ٢:١٤)، لا يلبث أن يملاء هذا الفراغ بسائل تفرزه مجموعه من الخلايا الحويصليه وعندها يطلق على الحويصلة اسم حويصلة جراف Grafian follicle.



شكل (٢. ١٣) مراحل تكوين البويضات

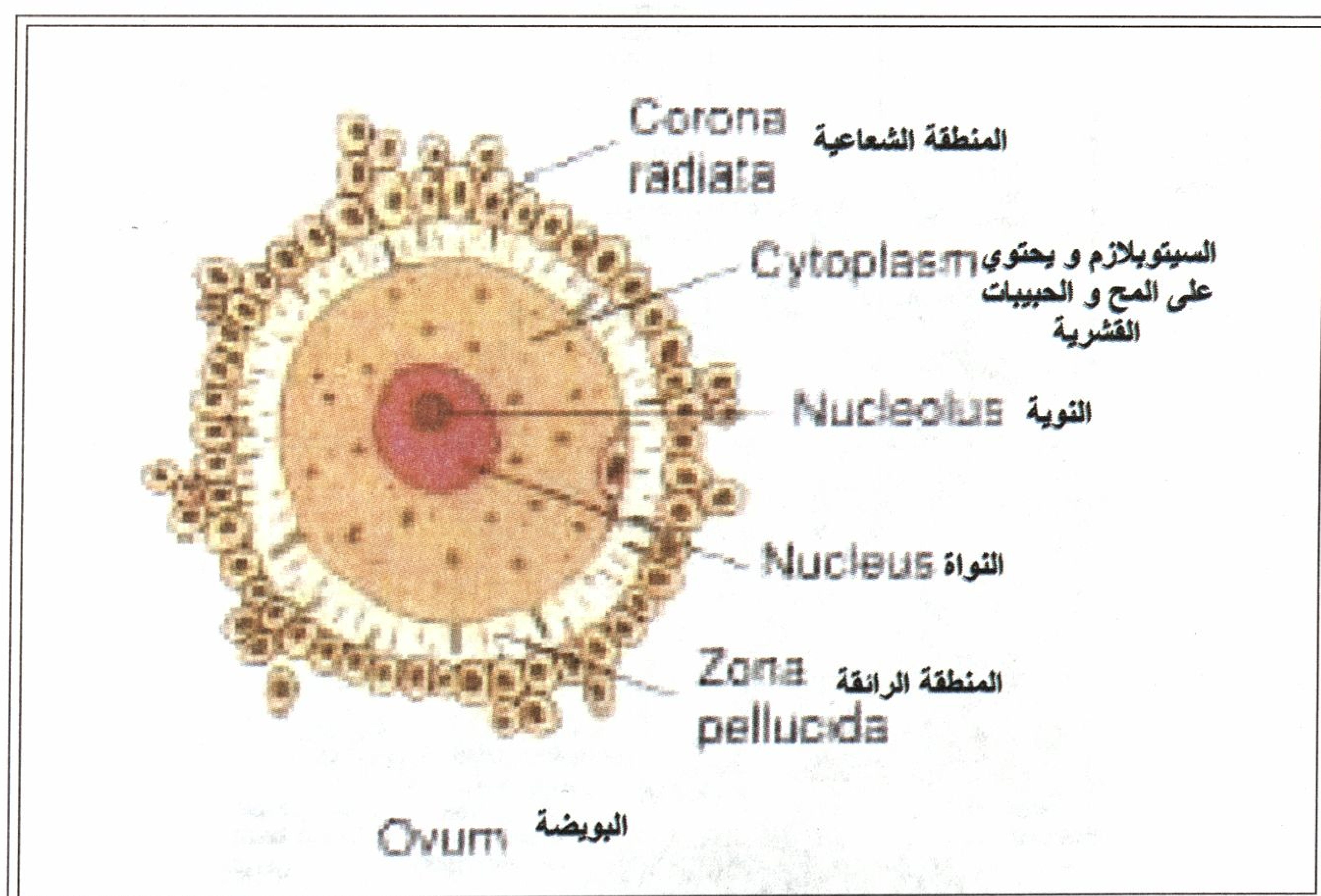
المصدر: www.biocourse.com



شكل (٢ : ١٤) يوضح حويصلة جراف الناضجة في الفقاريات

المصدر: www.wikipedia.com

وتحتضن الخلايا الحويصلية في البداية البويضة وترعاها حيث ترتبط بها ارتباطاً وثيقاً وتمدها بكل ما تحتاجه لمستقبلها ثم بتقدم عمر البويضة يضعف هذا الارتباط (يكون الاتصال والارتباط عن طريق الخميلات microvilli) لذلك فإن المنطقة الواقعة بين البويضة والخلايا الحويصلية تظهر بمظهر شعاعي لوجود هذه الخميلات والقنوات الدقيقة الموصلة، وتسمى هذه المنطقة بالمنطقة الشعاعية (شكل ٢:١٥).

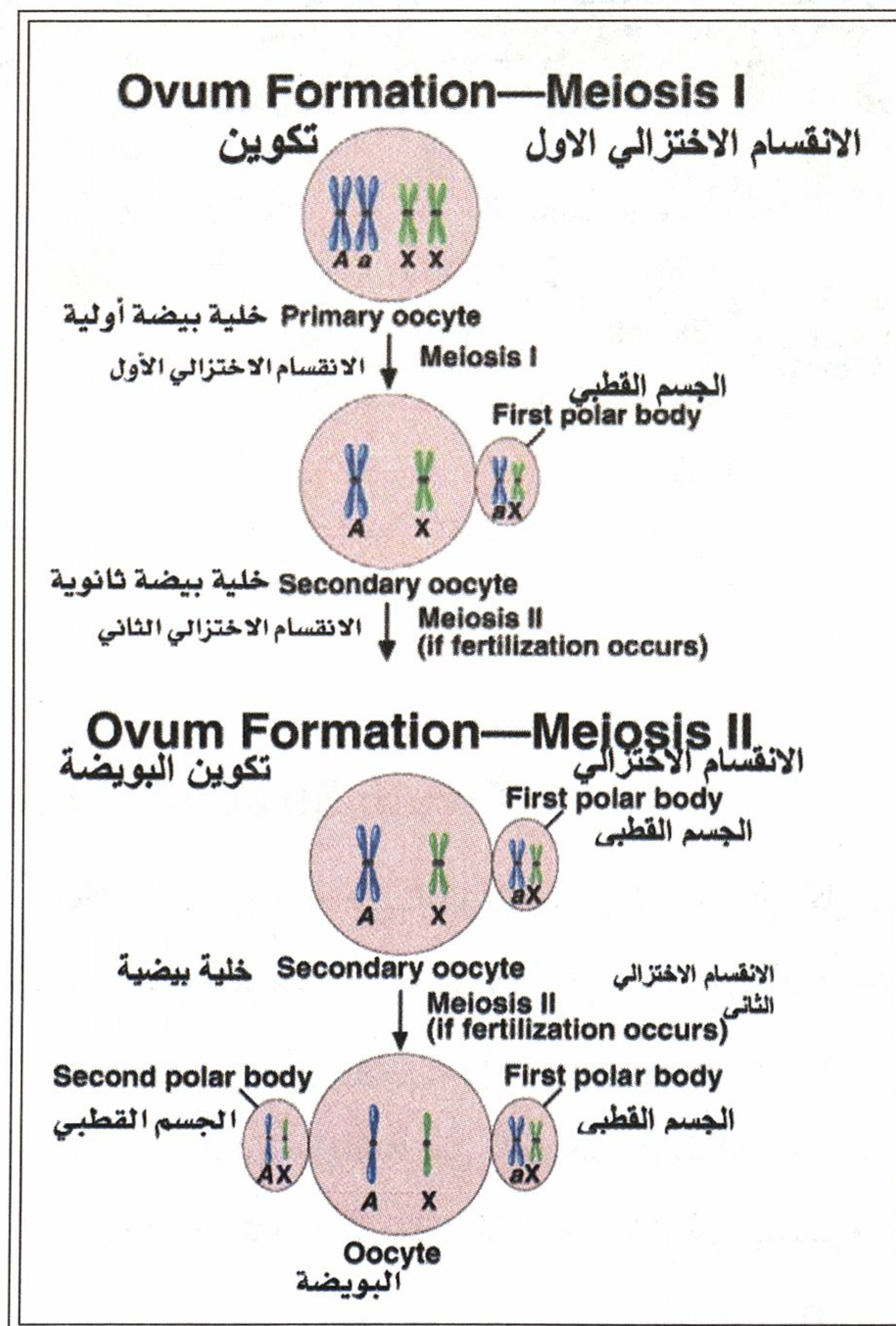


شكل (٢ : ١٥) يبين تركيب البويضة واتصال الخلايا الحويصلية بالبويضة
المصدر: www.humanillness.com

مرحلة النضج Maturation Phase

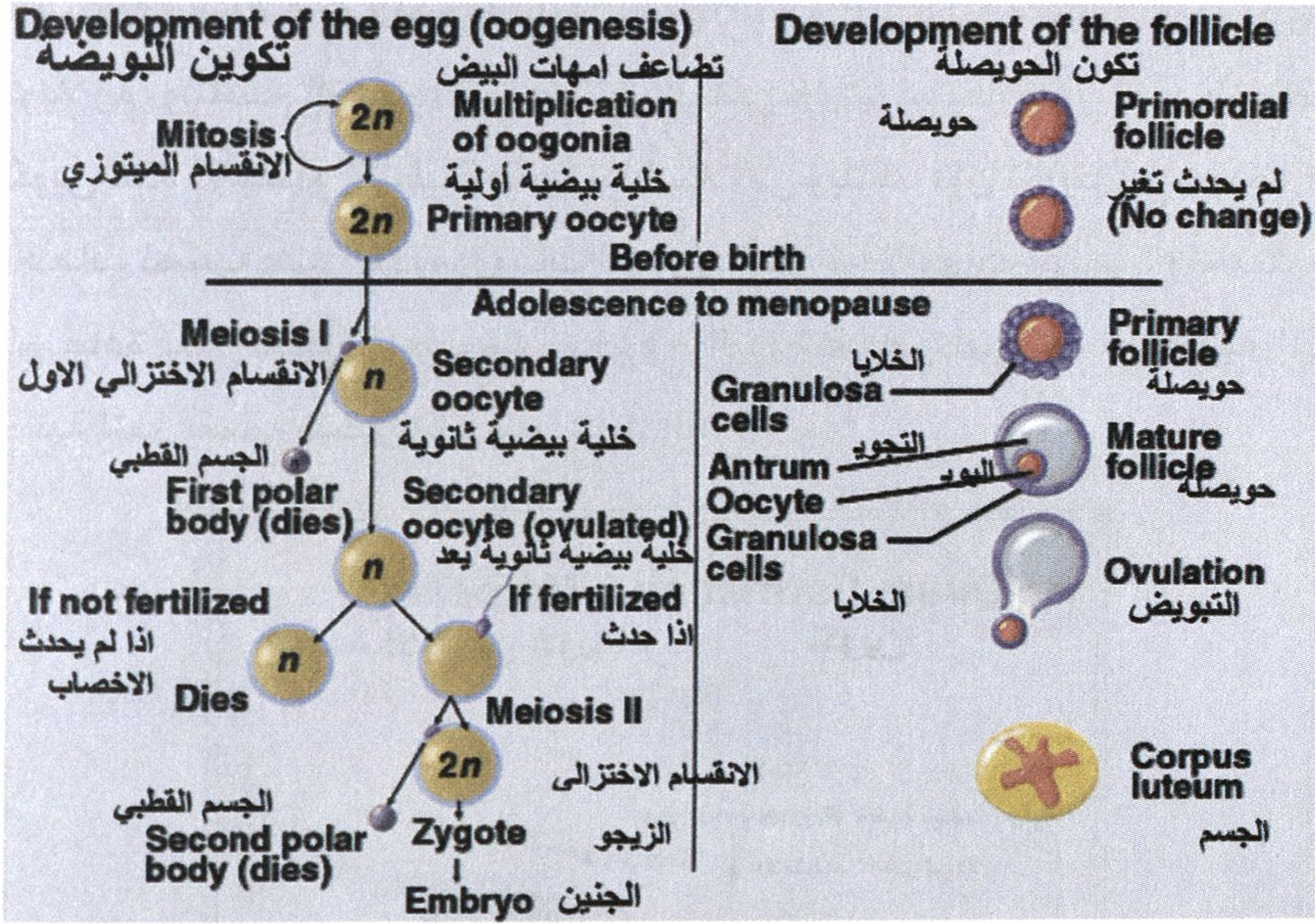
تمر الخلية البيضية الابتدائية بالمرحلة الأولى من الانقسام الاختزالي ويتم ذلك في المبيض حيث تتحرك نواة الخلية البيضية الابتدائية إلى الجهة العلوية الجانبية (جهة القطب الحيواني)، ويتلاشى الغشاء النووي للنواة وتضاعف الكروموزومات نفسها ثم تنقسم إلى مجموعتين متساويتين، مجموعة داخل البويضة الابتدائية ومجموعة خارجها وتنفصل المجموعة الأخيرة (شكل ٢:١٧) لتعطي تكوين الجسم القطبي الأول first polar body. يتكون بنفس الوقت الخلية البيضية الثانوية secondary oocyte ويكون في كل منها نصف عدد الكروموزومات ويحتوي الجسم القطبي الأول على كمية بسيطة

من السيتوبلازم ويبقى معظم السيتوبلازم للخلية البيضية الثانوية، ثم تدخل الأخيرة في المرحلة الثانية من الانقسام الاختزالي ويتم ذلك في قناة البيض وفي هذا الانقسام أيضاً يتكون الجسم القطبي الثاني second Polar body محتوياً على كمية بسيطة من السيتوبلازم وتتكون البويضة الناضجة mature ovum محتوية كمية كبيرة من السيتوبلازم، ويتقسم الجسم القطبي الأول ليعطي خليتين متساويتين، وبعد فترة قصيرة من تكوين هذه الأجسام القطبية فإنها تبدأ تتلاشى وبذلك فإن تكوينها ووجودها لا يعدو سوى ذهاب نصف عدد الكروموزومات الموجودة في نواة أمهات البيض، وتحدث مرحلة النضج عادة بعد انفجار الحويصلة وخروج البويضة وهي في مرحلة الخلية البيضية الابتدائية لتمر بعملية تسمى التبويض ovulation.



شكل (٢ : ١٦) يوضح اختزال عدد الكروموزومات أثناء تكوين البويضة

المصدر (بتصرف): www.biocourse.com



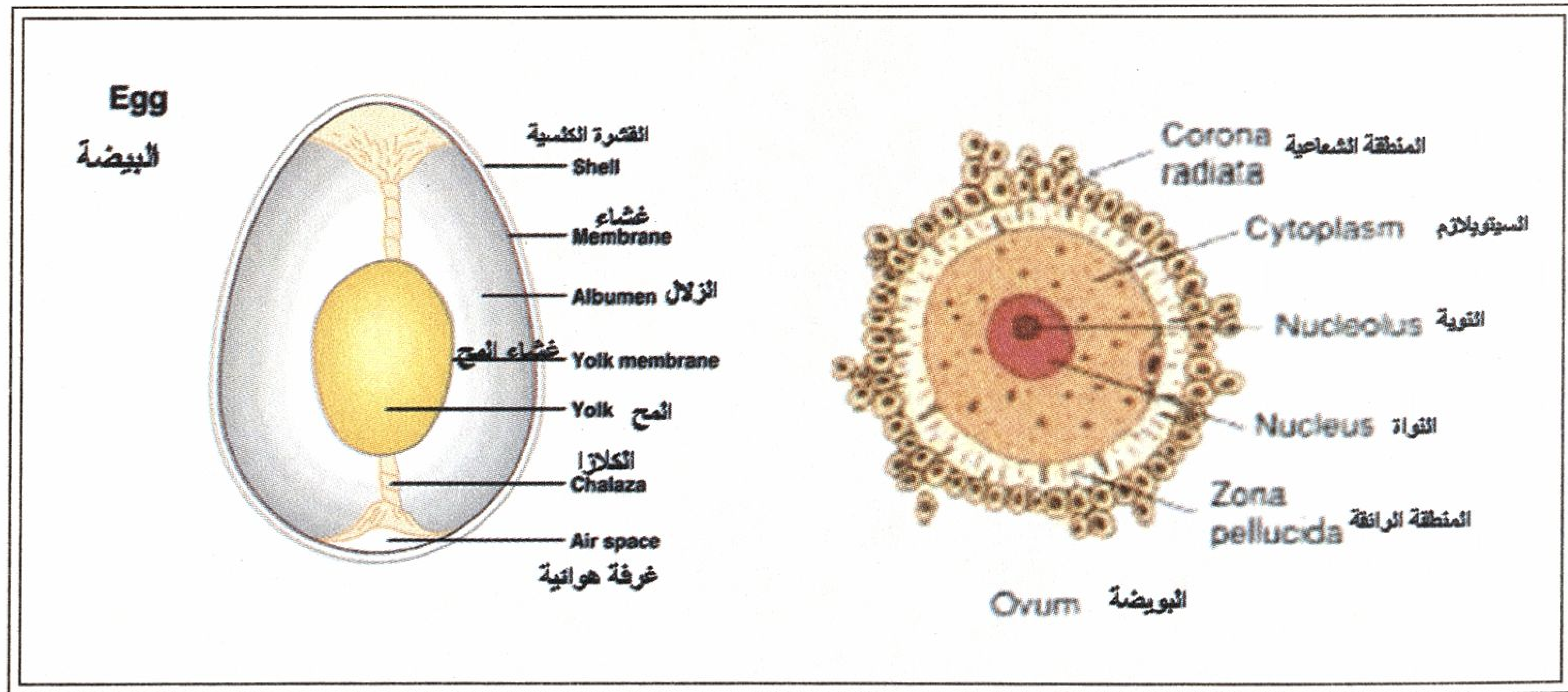
شكل (٢ : ١٧) يوضح ملخص لعملية تكوين البويضات والحويضلة في المبيض

المصدر (بتصرف): www.biocourse.com

تركيب البويضة Ovum Structure

تتحد البويضة مع الخلية الحيوانية في التركيب حيث يحتوي كل منهما على الغشاء والسيتوبلازم إلا أن السيتوبلازم في البويضة فيه تركيبات إضافية مثل المح والحبيبات الملونة والحبيبات القشرية والجليكوبروتين، وإضافة إلى التركيب الأساسي للبويضة فإن هناك أغشية تتكون خلال وجود البويضة في المبيض ويختلف مسمى هذه الأغشية في طوائف الحيوانات المختلفة فالغشاء الذي يلي الغشاء البلازمي يسمى في الثدييات بالغشاء الشفاف zona pellucidia، وفي الطيور يسمى الغشاء المحي vitelline membrane، وفي الأسماك الكوريون Chorion. شكل (٢: ١٨)

إن إضافة تركيبات أخرى على التكوين السابق من قناة البيض في كل من الزواحف والطيور يعطي البويضة وصف البيضة egg بدلاً من البويضة ovum حيث تتميز البويضة بوجود كل من زلال البيض albumen والكلازا chalaza والغشائين القشريين والقشرة الكلسية.



شكل (٢: ١٨) يوضح الفرق بين تركيب كل من البويضة والبيضة

المصدر (بتصرف): www.humanillness.com & www.biocourse.com

3

الباب الثالث

الإخصاب

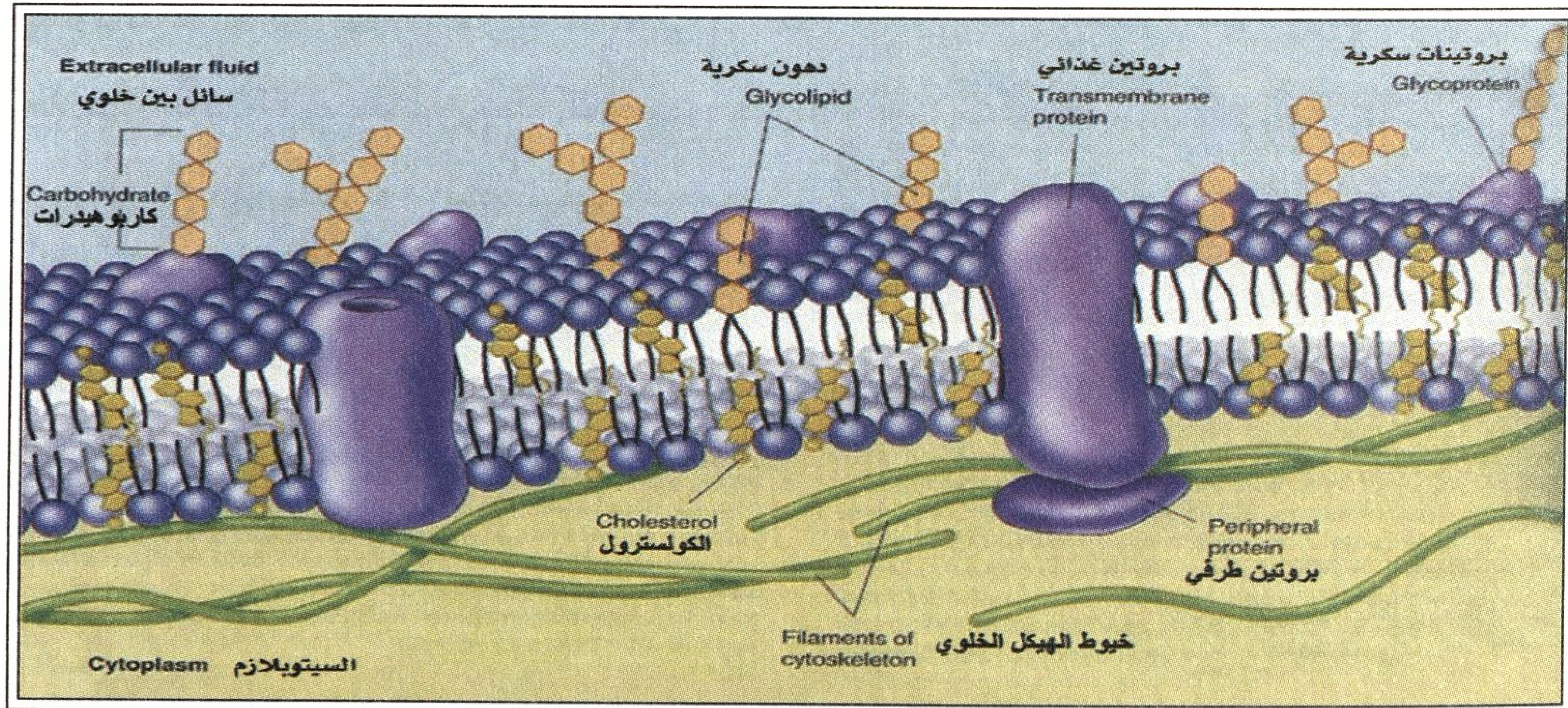
FERTILIZATION

- تمهيد
- تركيب الأغشية والتفاعل الكيميائي
- النواحي الجزئية
- دور الجسم الثاقب
- دور الحبيبات القشرية
- التغيرات البيوكيميائية

بعد اكتمال تكوين الأمشاج المذكرة (الحيوانات المنوية) والأمشاج المؤنثة (البويضات) يكون التهيؤ حاصلاً لحدوث عملية الإخصاب، والتي تعني قدرة رأس الحيوان المنوي على اختراق أغشية البويضية لتمرير نواته الحاملة للعدد النصفي للكروموزومات الأبوية داخل البويضة واندماجها مع نواة البويضة والتي تحتوي أيضاً على العدد النصفي للكروموزومات الخاصة بالأم، وينتج من اتحاد النواتين نواة واحدة داخل خلية واحدة تعرف بالاقحة أو البويضة المخصبة zygote ذات عدد زوجي للكروموزومات، وقد يتم الإخصاب داخلياً حيث يتم لقاء الحيوان المنوي بالبويضة داخل جسم الأنثى ويكون ذلك عادة في الثلث الأعلى من قناة البيض (كما في الطيور والثدييات)، حيث يتيح السائل المنوى وسطاً مناسباً تسبح فيه الحيوانات المنوية، وقد يكون الإخصاب خارجياً حيث يتم اللقاء بين كل من الأمشاج المذكرة والأمشاج المؤنثة خارج الجسم وهذا النوع خاص بالحيوانات التي تعيش في الماء (كما في البرمائيات ومعظم الأسماك العظيمة) حيث يتيح الماء وسطاً مناسباً تسبح فيه الحيوانات المنوية إلى أن تصل إلى البويضات فتخصبها. قد يشذ عن هذه القاعدة بعض الفقاريات المائية مثل سمك القرش. وبغض النظر عن نوع الإخصاب داخلياً كان أم خارجياً فإن المعنى الأساسي للإخصاب واحد وأنه هو الفتيل الأول لسلسلة التفاعلات لإحداث التلقيح وتكوين الجنين، فما الذي يجعل إذن من عملية الإخصاب فقط رمزاً لتكوين الأجنة؟ ولمعرفة ذلك فإننا سنتطرق إلى وصف ما يحدث للأغشية في كل من البويضة والحيوان المنوي أثناء عملية الإخصاب، وكذلك شرح النواحي الجزيئية molecular aspects التي تجعل الحيوان المنوي يتعرف إلى البويضة وينجذب إليها دون غيرها من أنواع البويضات المختلفة وأيضاً ما هو التفاعل المتبادل بين محتويات كل من البويضة والحيوان المنوي لإتمام عملية الإخصاب؟

تركيب الأغشية والتفاعل الكيميائي:
Membranes Structure and Chemical Reaction

لجميع بويضات الفقاريات غشاء حقيقي واحد هو غشاء البلازما plasma membrane وذلك إضافة إلى عدة طرز مختلفة من الأغشية السطحية ـ تختلف نوعية وعدد هذه الأغشية من حيوان لآخر ـ ويتركب الغشاء البلازمي كأي غشاء خلوى من طبقة مزدوجة من الليبيدات مطمور فيها قطع من البروتين أو الجليكوبروتين ويرتبط البروتين أو الليبيدات بسلاسل من السكر إلى الخارج (شكل ٣: ١). وقد أشارت بعض الدراسات الحديثة إلى أن ارتباط الجزء الخارجي من الغشاء البلازمي بسلاسل من السكر قد يكون له دور أولى في تلامس غشاء بلازما البويضة مع الغشاء البلازمي للحيوان المنوي.



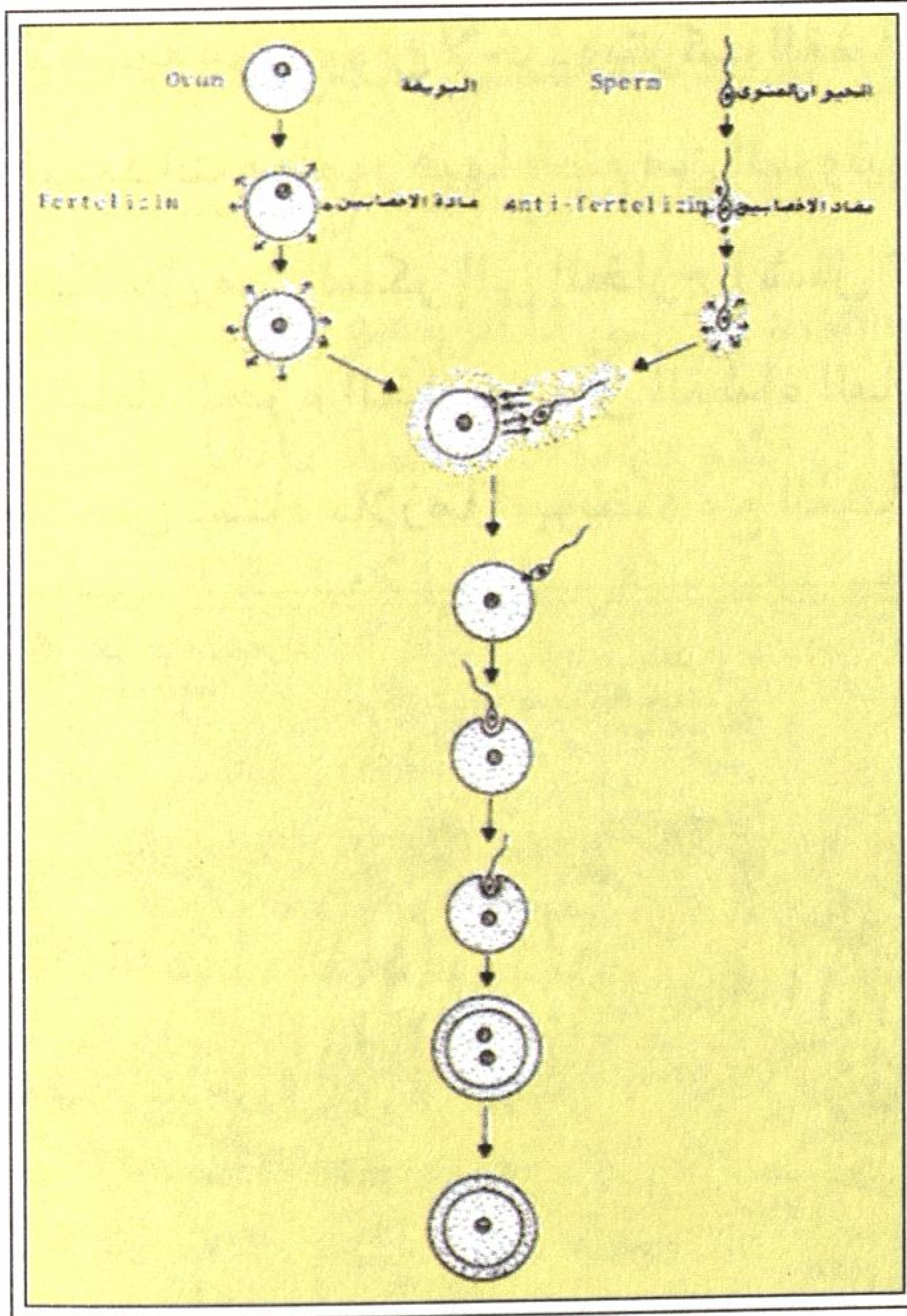
شكل (٣: ١) يوضح تركيب الغشاء البلازمي الخلوي

المصدر: From Raven &Johnson (2002) Biology 6th edition

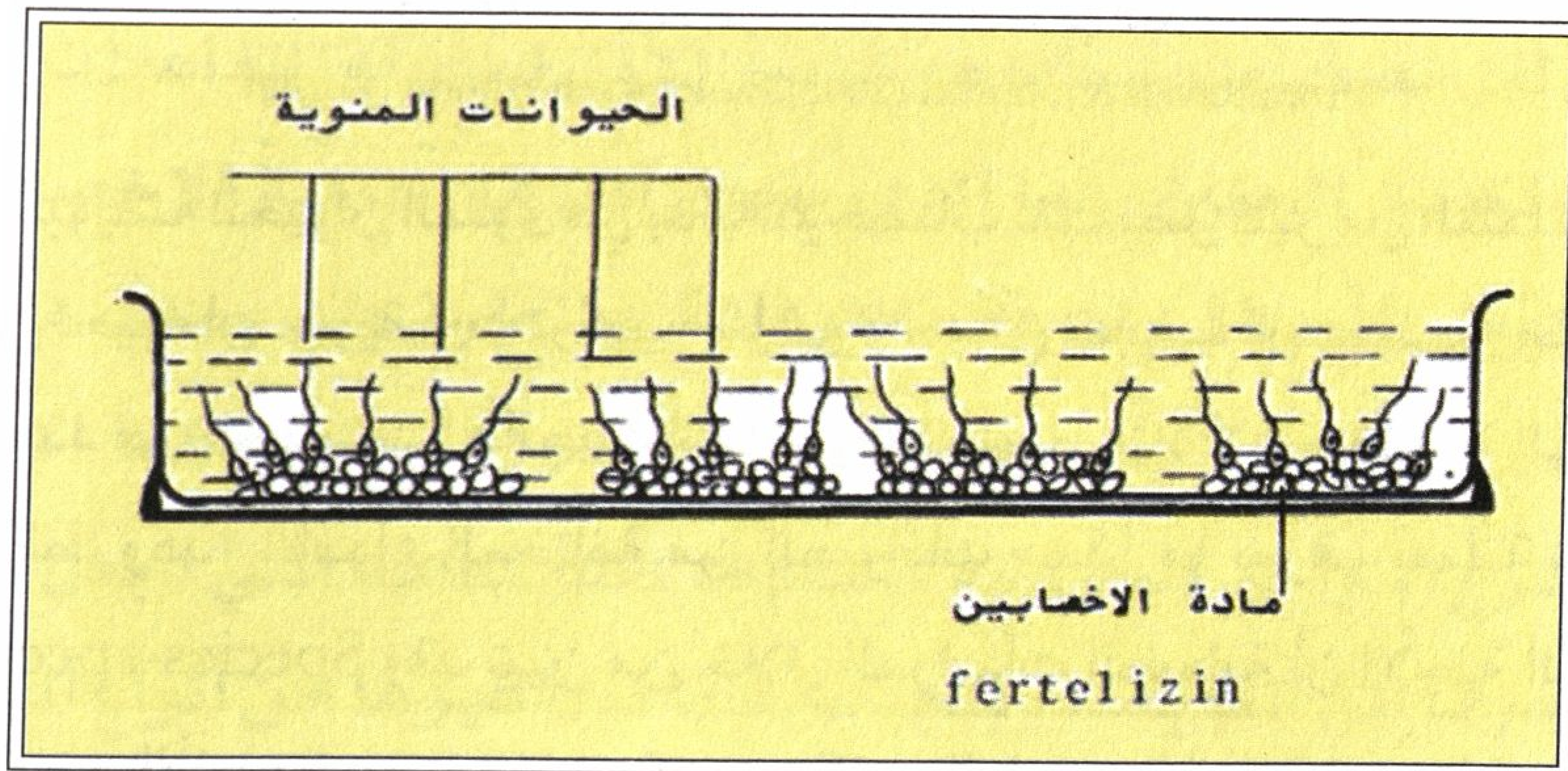
إن جذب البويضة للحيوان المنوى في بداية الإخصاب لفت نظر كثير من العلماء، حيث إنه كيف يمكن لحيوانات منوية ذات تركيب أساسي واحد أن تنجذب كل مجموعة منها إلى نوع معين ومحدد من البويضات؟ فالحيوانات المنوية للسهيم مثلا لا تنجذب إلا إلى بويضات السهيم فقط وكذا الأنواع المختلفة من الحيوانات وهذا ما يعرف بعملية خصوصية النوع Species-specific وقد تبين من خلال الدراسات المعملية أن الأجنة الناتجة عن الإخصاب بين الأنواع المختلفة لا تتمكن من النمو الطبيعي ما عدا في حالة جنين البغل المتكون من الفرس والحمار، ومن هنا كانت أهمية استقصاء الناحية الكيميائية ومعرفة سر ما تفرزه وتطلقه الأغشية السطحية للبويضات.

تعرف العالم ليلى Lilli مبكراً إلى وجود مادة في بويضات قنفذ البحر تعمل على جذب وربط الحيوانات المنوية نحو البويضة، سميت هذه المادة الإخصابين Fertilizin وبالمقابل فإن الحيوان المنوي يستجيب لذلك الجذب بإفراز مادة تعمل على تقريب البويضة أكثر نحوه.

عرفت هذه المادة باسم مضاد الإخصابين anti-fertilizin (شكل ٣:٢). من التحليل الكيميائي الأولى تبين أن الإخصابين عبارة عن مـادة بـروتينـيـة، ولـكـن تبين بعد ذلك أن الإخصابين تركيب بروتين يحتوي على سكريات عديدة وأيونات كبريتات. عند تعريض خلاصة مادة الإخصابين بعد الحصول عليها كيميائيا من أغشية البويضات للحيوانات المنوية (شكل٣:٣) فإن الحيوانات المنوية سرعان ما تلتصق بها وتتجمع حولها مشيرة إلى أن هذه المادة (الإخصابين) ذات طبيعة جذبية متخصصة ونوعية.



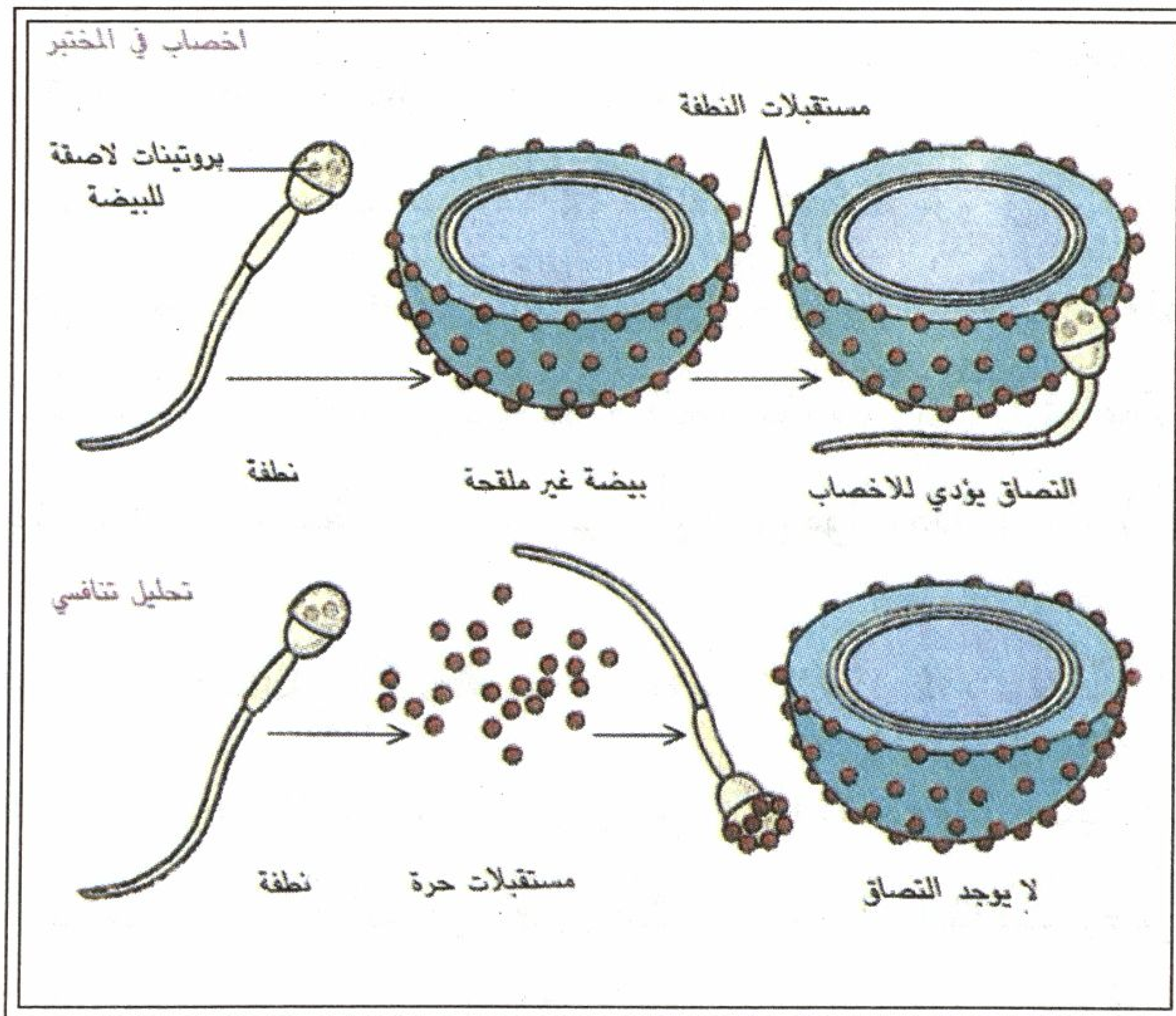
شكل (٣ : ٢) نموذج لعملية الاخصاب في الفقاريات



شكل (٣: ٣) جذب مادة الإخصابين للحيوانات المنوية عند استخلاصها من البويضات

النواحي الجزئية Molecular aspects

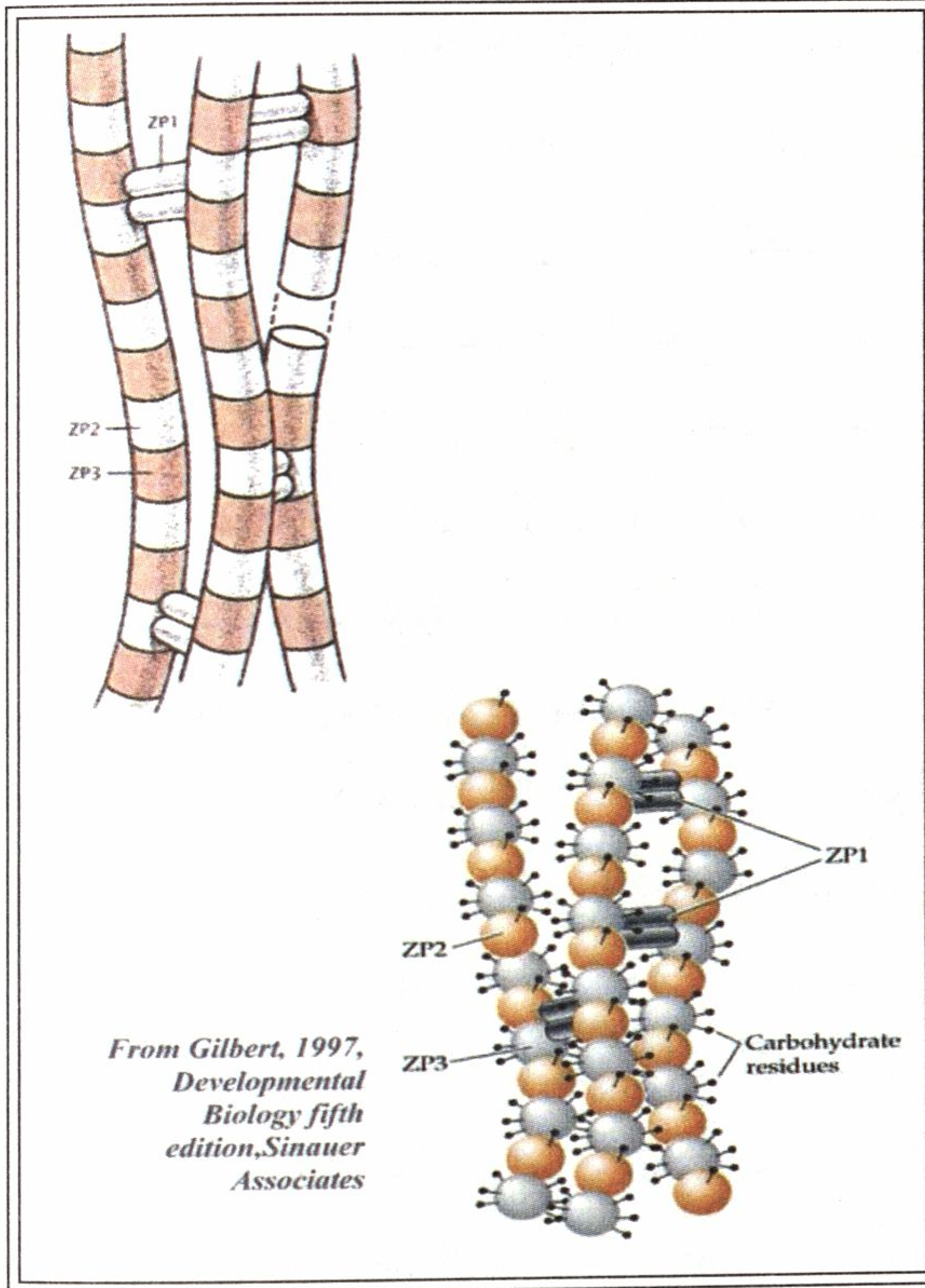
تمكن العالم واسرمان Wassarman حديثاً من معرفة الجزيء الخاص بالغلاف الخارجي لبويضة الفأر الذي يستقبل الحيوان المنوي وتصوير خصائصه وعرفت هذه الجزيئات بمستقبلات الحيوان المنوي بحيث يتطابق كل جزيء منها على مستقبل خاص في الحيوان المنوي كما يتطابق المفتاح مع القفل، ولقد اكتشف أن هذه المستقبلات توجد في المنطقة الرائقة Zona Pellucida بالنسبة لبويضات الفأر وهي عبارة عن ثلاثة أنواع من البروتينات السكرية سميت ZP3، ZP2،ZP1 وكان التفريق بين هذه الأنواع الثلاثة بواسطة الوزن الجزئي لكل منها باستخدام الترحيل الكهربائي electrophoresis، وللتأكد من أن هناك فعلاً مستقبلات على المنطقة الرائقة عمد واسرمان إلى فضل المنطقة الرائقة من البويضة غير الملقحة وإذابتها في محلول حمضي مخفف للحصول على جميع البروتينات السكرية ووضعت في طبق بتري ووضع معها سائل منوي يحتوي على حيوانات منوية لفترة من الوقت ثم فصلت الحيوانات واختبرت قدرتها على الإخصاب ثانية بحيث حضنت مع بويضات فئران غير ملقحة فكانت النتيجة أن الحيوانات المنوية لم تستطع أن ترتبط بالبويضات غير المخصبة. ومن ذلك يتضح أن البرويتينات السكرية المفصولة من المنطقة الرائقة قد التصقت بمستقبلاتها على الحيوانات المنوية فلم يعد هناك أي مناطق على سطح الحيونات المنوية تستطيع أن ترتبط بالبويضات غير المخصبة (شكل ٣:٤). وبهذه التجربه يتضح تماماً أن المنطقة الرائقة لبويضة الفأر تحتوي فعلاً على مستقبلات للحيوانات المنوية.



شكل (٣: ٤) تجربة واسرمان لاثبات وجود المستقبلات في المنطقة المضيئة لبويضة الفأر

المصدر: Scientific American 1988

ولتحديد نوع البروتين السكري المستقبل للحيوان المنوي أجريت تجربة على نفس خطوات التجربة السابقة ما عدا أن الاختبار كان لكل نوع من الأنواع الثلاثة ,ZP3,ZP2) ZP1) على حدة فتبين أن ارتباط الحيوانات المنوية بالبويضات يتوقف على وجود ZP3 بينما لم يكن هناك أي تأثير لكل من ،ZP1 ZP2، بالإضافة إلى أن البروتين السكري ZP3 يعمل على استقبال الحيوان المنوي فإنه أيضاً يعمل على بداية التفاعل للجسم الثاقب (التفاعل الأكروسومى acrosomal reaction) وقد اختبرت حيوانات منوية تحتوي جسم ثاقب acro- some لم يتفاعل بعد وحيوانات منوية قد تفاعلت جسيماتها الثاقبة وقد تبين أن ZP3 قد ارتبط بالحيوانات المنوية ذات الجسيم الثاقب الذي لم يتفاعل بعد، ولقد وضح العلماء أن المنطقة الرائقة تتكون من خيوط متشابكة وتتركب هذه الخيوط من وحدات عديدة من جزيء ZP2 وجزيء ZP3 وتتصل هذه الخيوط ببعضها البعض بواسطة Zp1 (شكل ٣:٥).

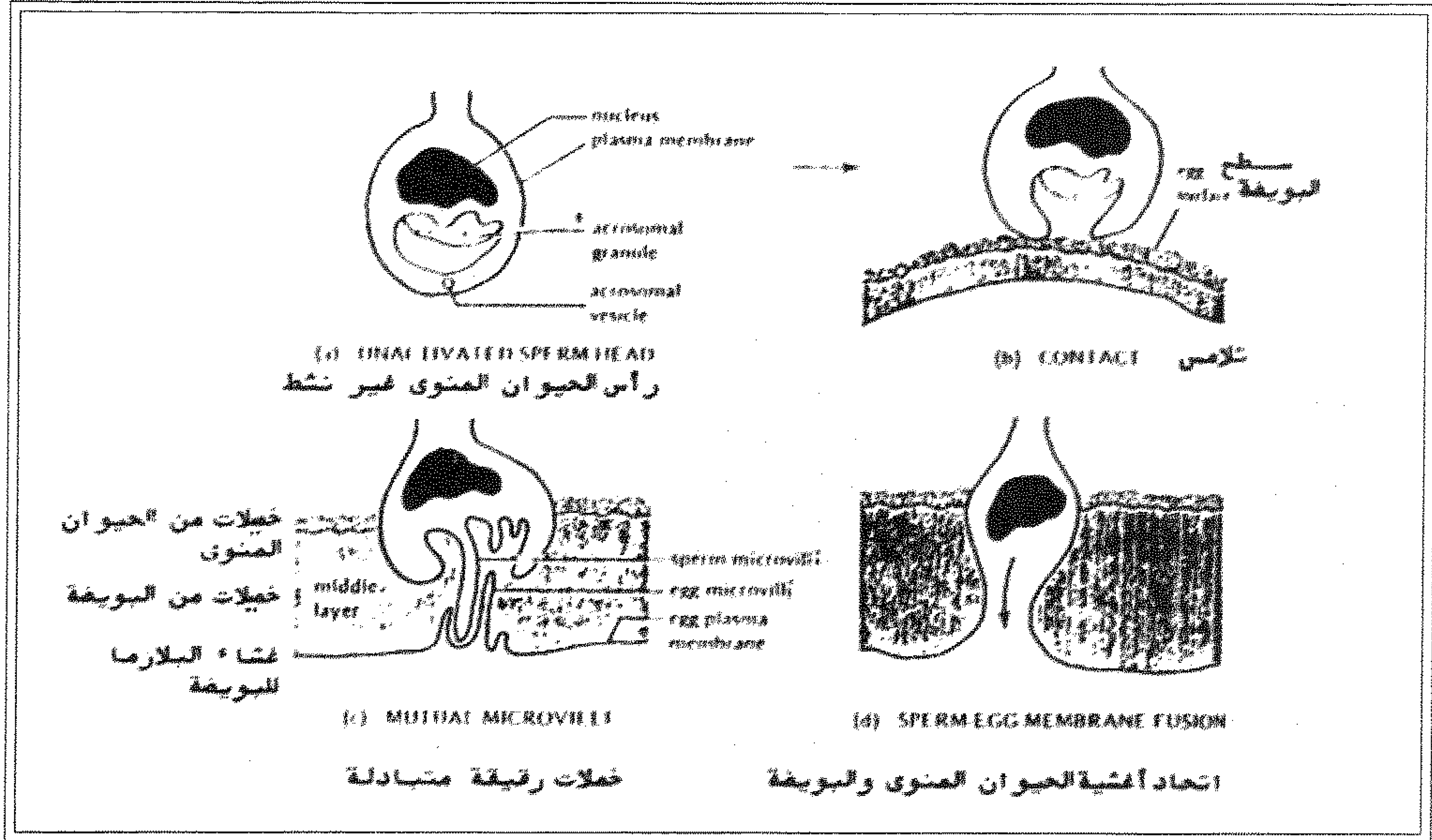


شكل (٣ : ٥) ترتبط البروتينات السكرية على شكل خيوط متشابكة في المنطقة المضيئة

المصدر: Scientific American (1988)

دور الجسم الثاقب The Role of Acrosome

عند اقتراب الحيوان المنوي من البويضة وبالتحديد في المنطقة التي تحدث فيها عملية التلامس الآنفة الذكر، فإن غشاء الجسم الثاقب يصبح ملاصقاً لغشاء الحيوان المنوي وعندها فإن الجسم الثاقب يلقى بعض الأنزيمات المحللة لأغشية البويضة مما يساعد على اختراقه متجهاً إلى الغشاء البلازمي (شكل ٣:٦).

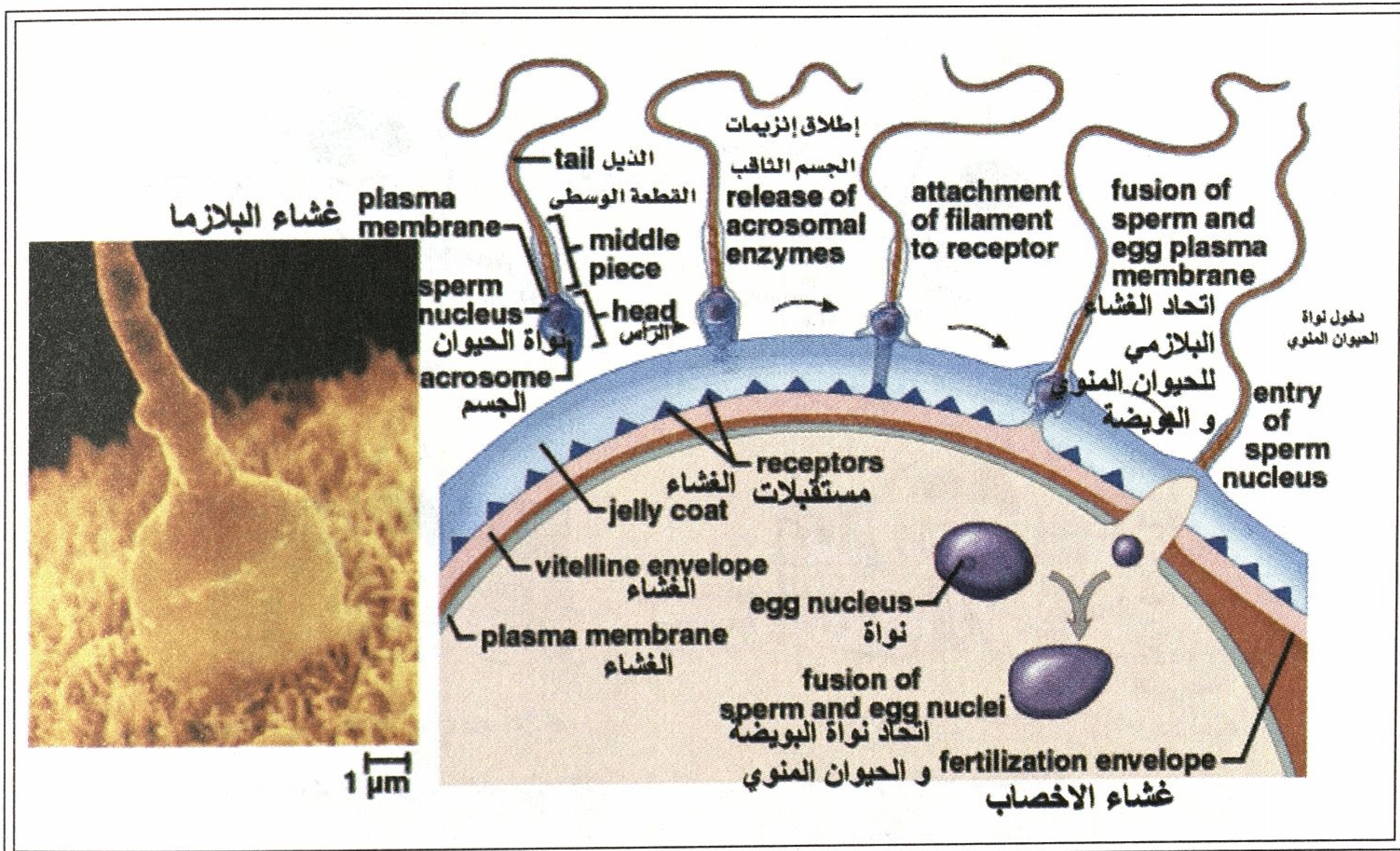


شكل (٣ : ٦) اتحاد غشائي البلازما لكل من البويضة والحيوان المنوي أثناء عملية الإخصاب
المصدر: Oppenheimer & Lefevre, 1984

وأثناء انغماد رأس الحيوان المنوي في البويضة يندفع جزء من السيتوبلازم حول الغشاء في منطقة التلامس، نحو الأمام، ليشكل بروزاً سيتوبلازميا شفافا يطلق عليه اسم مخروط الإخصاب fertilization cone حيث يقوم بابتلاع رأس الحيوان المنوي (شكل ٣:٧)، وفي نفس الوقت فإنه عندما يصبح رأس الحيوان المنوي في منتصف سمك الأغشية الخارجية للبويضة فإنه تتكون خصيلات دقيقة microvilli تنساب من الجسم الثاقب ومن الغشاء البلازمي للبويضة إلى أن تلتحم هذه الخصيلات وتكون معبراً تتحرك خلاله نواة الحيوان المنوي لتدخل إلى داخل سيتوبلازم البويضة تتجه بعدها إلى نواتها لتتحد معها وتعيد تكوين العدد الزوجي للكروموزومات (شكل ٣:٨).

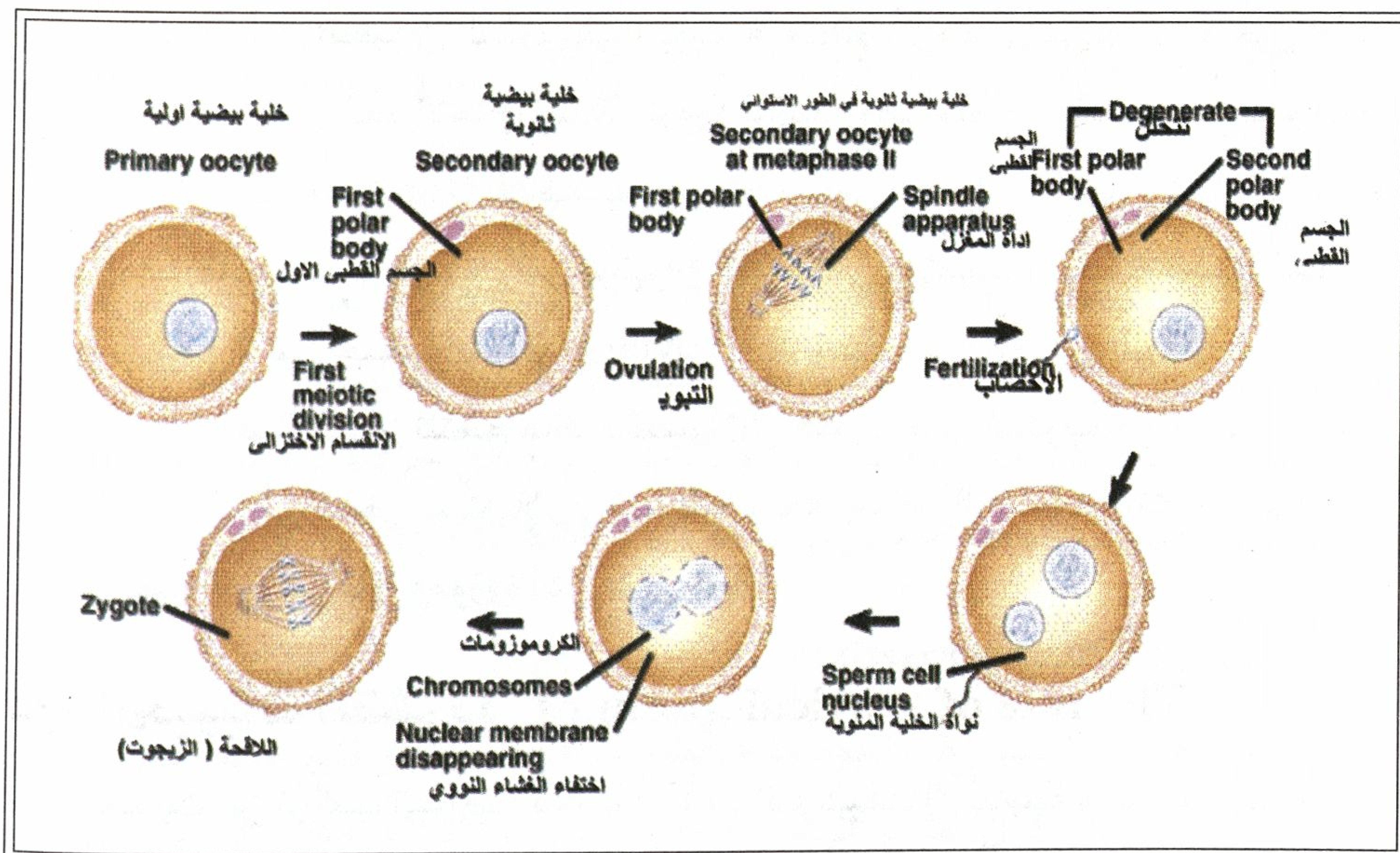
دور الحبيبات القشرية The role of cortical granules

عند الحديث عن تركيب البويضة ذكرنا أن أحد التركيبات الأساسية وجود حبيبات قشرية cortical granules، وترقد هذه الحبيبات بشكل رئيسي تحت غشاء البلازما مباشرة (شكل ٣:٩) وعند تنبيهها (بواسطة أيونات الكالسيوم).



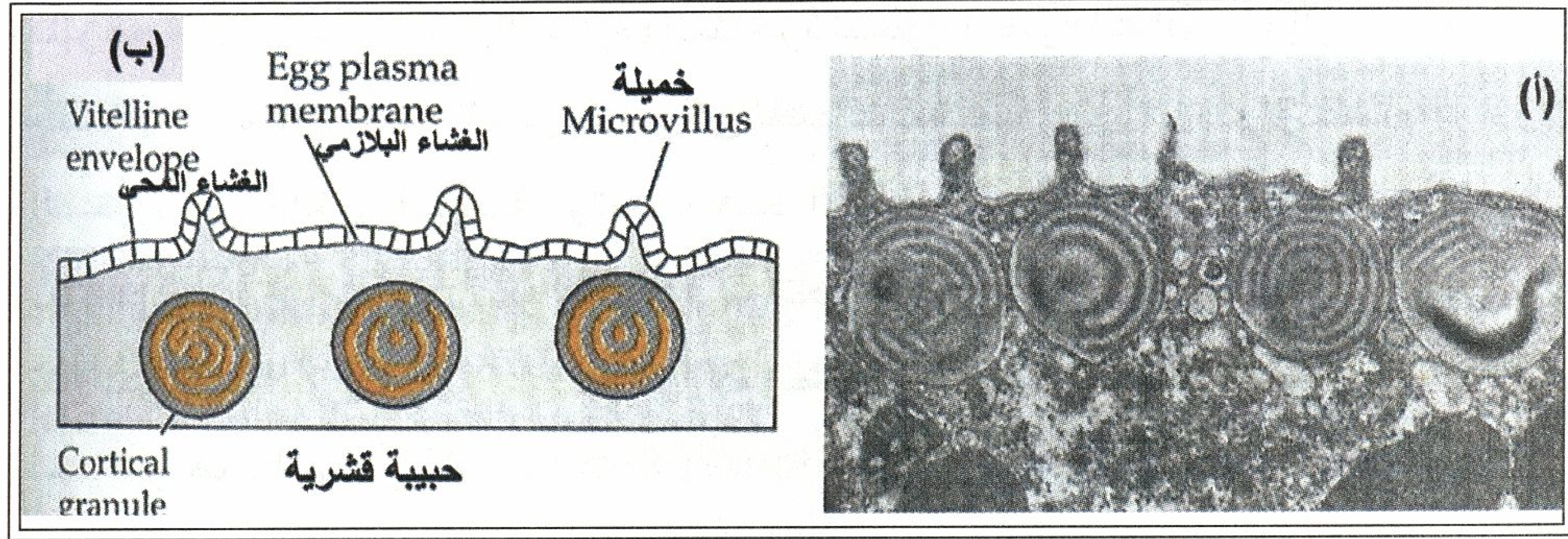
شكل (٣ : ٧) يبين خطوات الإخصاب

المصدر: www.biocourse.com



شكل (٣ : ٨) يبين اندماج نواتي الحيوان المنوي والبويضة أثناء عملية الإخصاب

المصدر (بتصرف): www.biocourse.com

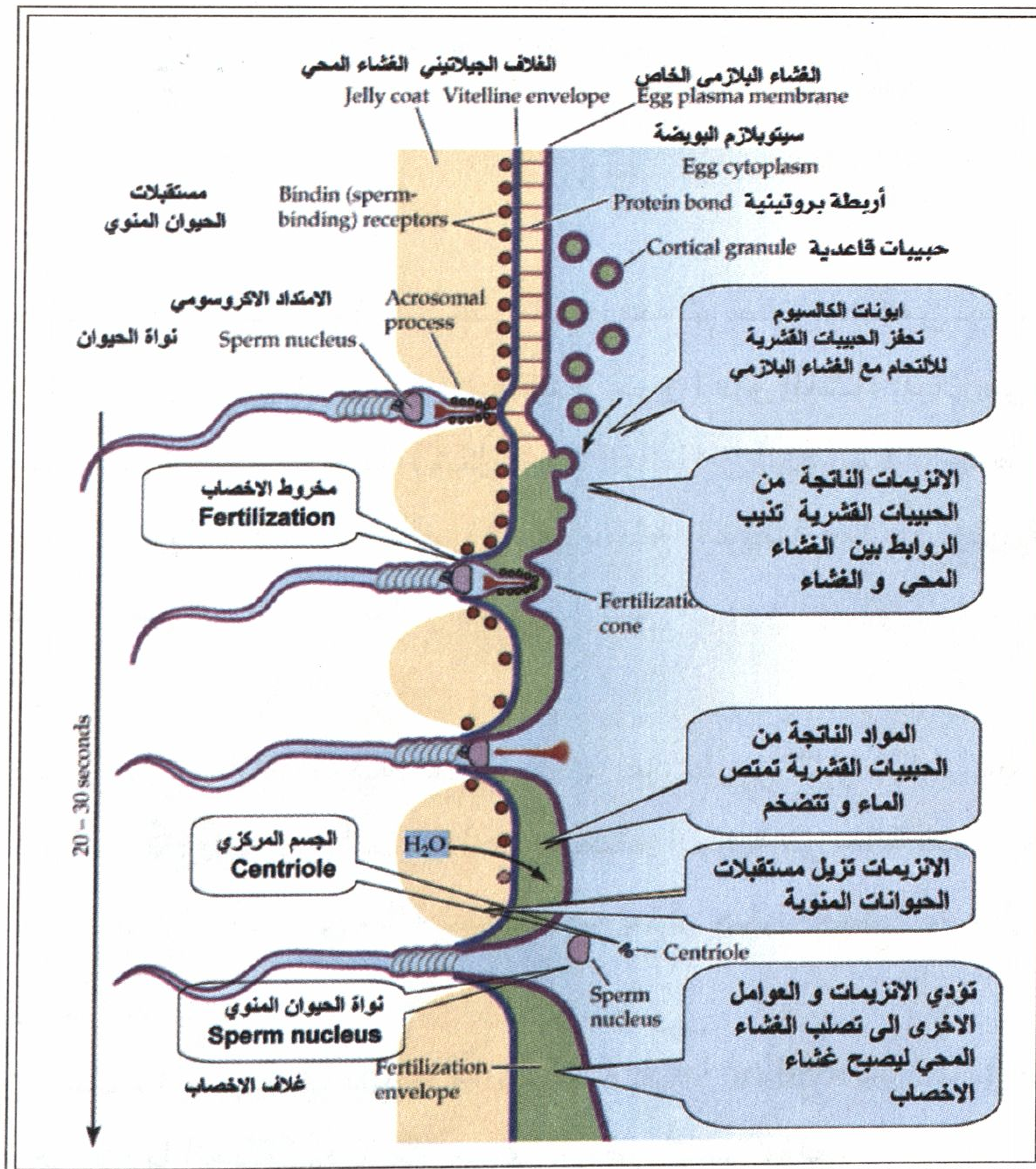


شكل (٣ : ٩) يوضح وجود الحبيبات القشرية تحت الغشاء البلازمي في البويضة شكل (أ) صورة بالمجهر الإلكتروني النافذ.
شكل (ب) رسم تخطيطي للصورة (أ)
المصدر: Gilbert, 2003

فإنها تتجه إلى ناحية الغشاء البلازمي حتى تلتحم معه ثم تطلق بعضاً من تركيبها الداخلي (عبارة عن إنزيمات وبروتينات ومركبات معقدة أخرى) فوق الغشاء البلازمي وفي الفراغ الموجود بينه وبين الطبقة المحلية (شكل ٣: ١٠) والسؤال الذي يمكن أن نطرحه: ما هو دور محتويات الحبيبات القشرية المفرزة على سطح البويضة وما هي وظيفة أنزيماتها وبروتيناتها...؟ ومن خلال الدراسات التجريبية تبين أن أهم دور تقوم به هذه الحبيبات القشرية هو:

١. منع دخول أي حيوانات منوية أخرى وذلك عن طريق تغير تركيب ونوع البروتين السكري المستقل للحيوان المنوى (على الطبقة المحية في حالة قنفذ البحر، وعلى الطبقة الرائقة (ZP3) في حالة الفأر) وهو يعتبر حيلولة مبكرة لدخول الحيوانات المنوية.
٢. تكوين غطاء سطحي يعرف بالطبقة الزجاجية hyaline layer حيث تعمل هذه الطبقة على جعل خلايا الجنين باقية مع بعضها البعض أثناء التفلج.
٣. فصل الطبقة التالية لغشاء البلازما (الطبقة حول محية) لتكوين غشاء الاخصاب fertilization membrane وهو يعتبر حيلولة متأخرة لدخول الحيوانات المنوية.

وبالرغم من وجود الحيلولة المبكرة والمتأخرة لدخول الحيوانات المنوية إلى البويضة بعد إخصابها فإنه في بعض الفقاريات يمكن لحيوانات منوية عديدة اختراق غشاء البلازما والدخول إلى داخل البويضة، وتعرف هذه الظاهرة بظاهرة تعدد الحيوانات المنوية polyspermy، وفي مثل هذه الحالات لا تتحد غير نواة واحدة فقط مع نواة البويضة وتتلاشى بقية الأنوية. وفي المقابل فإن البويضات التي لا تتم فيها إلا دخول حيوان منوي واحد فإن هذه الظاهرة تعرف monospermy.



شكل (٣ : ١٠) يوضح خطوات تفاعل الحبيبات القشرية

المصدر: Purves et al., 2003

التغيرات البيوكميائية Biochemical Changes

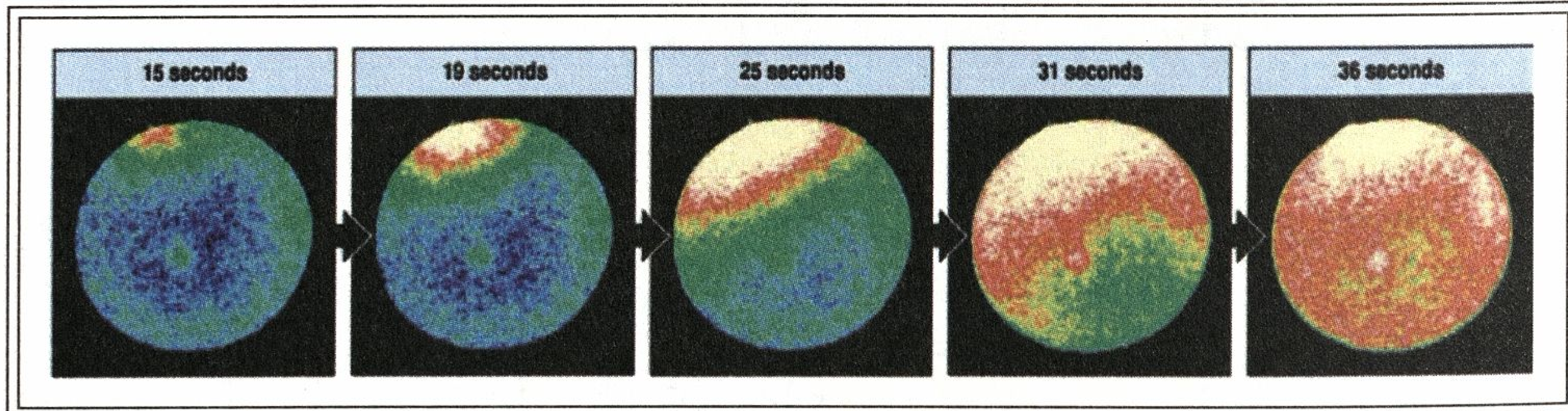
١. تدفق أيونات كل من الصوديم والكالسيوم ولإطلاق أيونات الصوديوم تأثير على تركيز الأس الهيدروجيني.

٢. إفراز الأنزيمات والبروتينات المعقدة من الحبيبات القشرية ويعتمد إطلاق هذه المواد على إطلاق أيونات الكالسيوم أولاً، وعند عزل مجموعة من الأغشية البلازمية من البويضات مع حبيباتها القشرية وإضافة الكالسيوم إليها فإن الحبيبات القشرية سرعان ما تطلق ما بداخلها من محتويات (شكل ٣:١١).

٣. الزيادة في استهلاك الأكسجين.

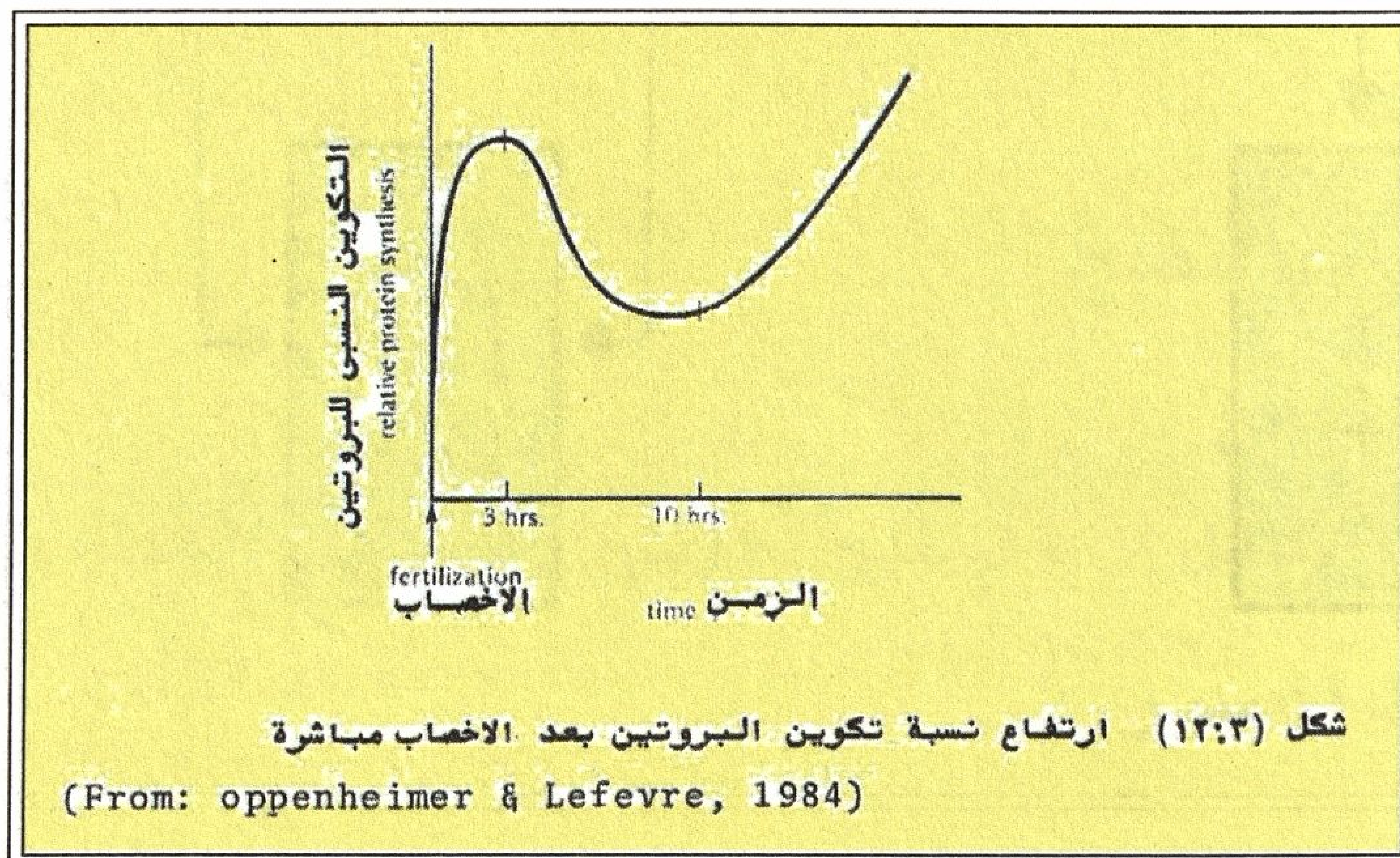
٤. ارتفاع في نسبة بناء البروتين protein synthesis في الساعات الأولى من الإخصاب ثم تنخفض النسبة بعد ذلك ثم تعود مرة أخرى إلى الارتفاع (شكل ٣:١٢).

وقد اقترح العالم Epele خريطة افتراضية تربط بين العلاقات والأحداث المتتالية في عملية الإخصاب (شكل ٣:١٣).



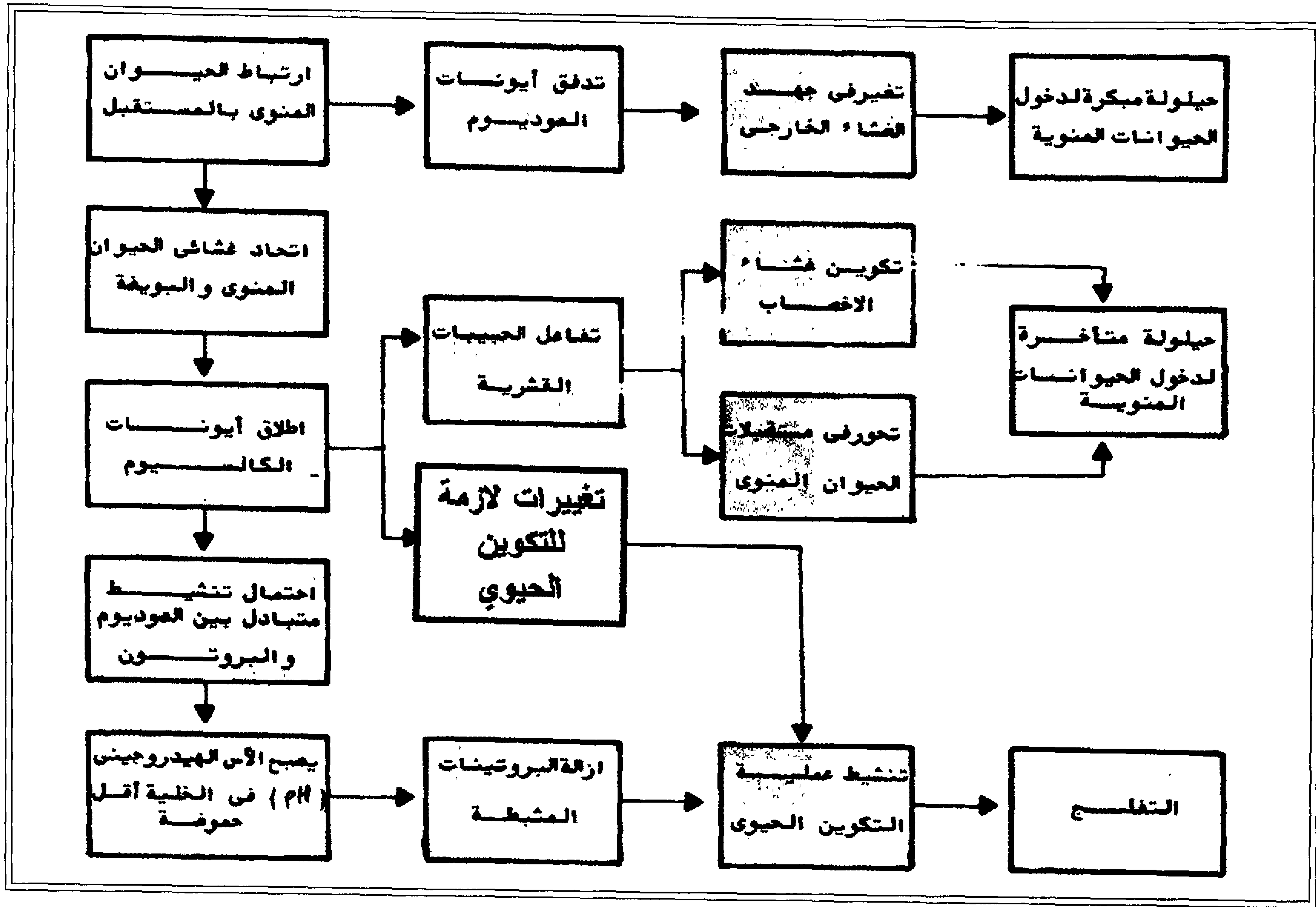
شكل (٣ : ١١) يوضح انتشار موجات الكالسيوم بالثواني بعد ارتباط الحيوان المنوي بسطح البويضة

المصدر: Wolpert L. 2007



شكل (١٢:٣) ارتفاع نسبة تكوين البروتين بعد الاخصاب مباشرة

(From: oppenheimer & Lefevre, 1984)



شكل (٣ : ١٢) خريطة العلاقات الافتراضية بين الأحداث التي تقع أثناء الإخصاب

المصدر: Oppenheimer & Lefever, 1984

4

الباب الرابع

تصنيف البويضات والتفلج

EGG CLASSIFICATION & CLEAVAGE

- تصنيف البويضات
- التفلج
- التمهيد
- مستويات التفلج
- أنواع التفلج
  - التفلج الكامل
  - التفلج الجزئي
  - التفلج السطحي
- خرائط المصير

تصنيف البويضات
EGG CLASSIFICATION

إن المح الذي يتكون في كبد الأم ثم ينتقل بصورة ذائبة مع تيار الدم له دور مهم في تغذية الجنين، ولاحتواء البويضات على كميات مختلفة من المح ولكونه يتوزع في البويضات بطرق مختلفة فإن تصنيف البويضات يكون على النحو التالي:

١ . تصنيف البويضات تبعاً لكمية المح:

أ . بويضات نادرة أو عديمة المح Alecithal

مخزون المح وكميته في هذه البويضات قليل جداً ولا يكاد يلمس وذلك لعدم حاجة الجنين له لفترات طويلة، حيث يكون هناك بديل آخر للتغذية مثل المشيمة، ويتمثل هذا النوع من البويضات في الثدييات المشيمية placental mammals.

ب . بويضات قليلة المح Meiolecithal

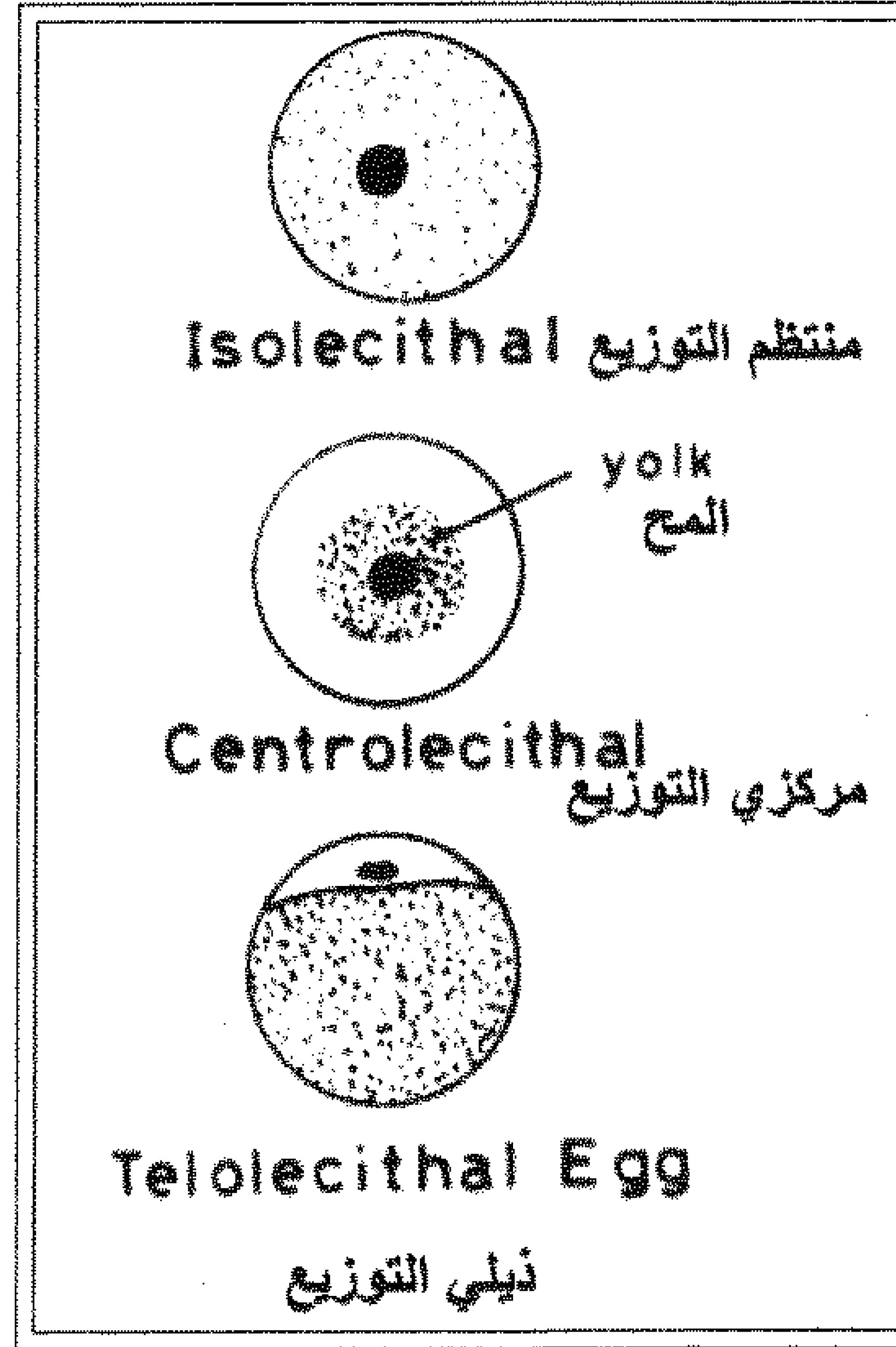
وتكون كمية المح في هذا النوع قليلة نسبياً ويتمثل وجود ذلك في الحبليات الأولية protochordates مثل السهيم amphioxus.

جـ . بويضات متوسطة المح Mesolecithal

حيث إن البويضات في هذا النوع تحتوي علة كميات متوسطة من المح كما هو موجود في بويضات البرمائيات وبعض الأسماك.

د . بويضات غزيرة المح Polylecithal

وفي هذا النوع من البويضات فإن البويضات عبارة عن المح يعلوه جزء سيتوبلازمي صغير هو السيتوبلازم النشيط active cytoplasm. لحاجة الجنين الكبيرة في التغذية فإن البويضات تحتوي على كمية كبيرة من المح اللازم للتغذية ويتمثل هذا النوع في كل من الزواحف والطيور وبعض الأسماك.



شكل (٤ : ١) يبين تصنيف البويضات تبعاً لتوزيع المح
المصدر: El-Banhawy et al., 1981

٢ . تصنيف البويضات تبعاً لتوزيع المح:

أ . متشابه أو منتظم التوزيع Isolecithal type

ويتمثل ذلك في بويضات الثدييات المشيمية والسهيم حيث تحتوي البويضات على كمية مح منتظمة التوزيع على جميع أجزاء السيتوبلازم (شكل ٤:١).

ب . ذيلي التوزيع Telolecithal type

وهو على نوعين، نوع يكون المح متمركزاً بصورة أساسية جهة القطب الخضري ويقل وجوده تدريجياً كلما اتجهنا ناحية القطب الحيواني، كما هو موجود في بويضات البرمائيات، والنوع الآخر هو أن يكون المح محتوى وموجود في جميع البويضة ما عدا طرف علوي بسيط جداً ينفصل ليكون السيتوبلازم على شكل قرص صغير يعرف باسم القرص الجرثومي blastoderm ويتمثل ذلك في بويضات الزواحف والطيور (شكل ٤:١).

جـ . مركزي التوزيع Centrolecithal

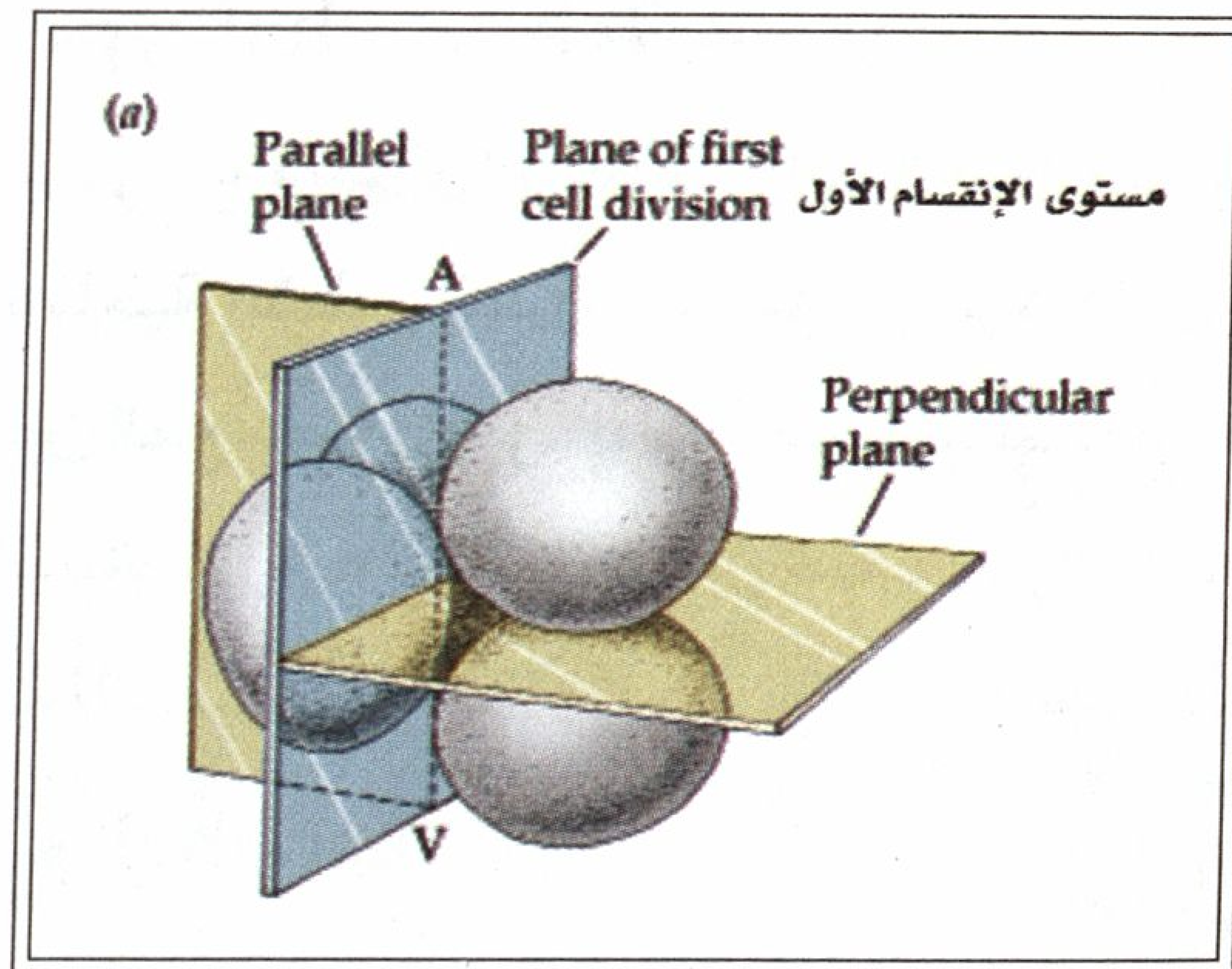
حيث يتمركز المح في هذا النوع في المنطقة الوسطية من البويضة ويحيط به السيتوبلازم وينتشر هذا النوع في بويضات الحشرات (شكل ٤:١).

التفلج
Cleavage

يسبق انقسام البويضة المخصبة إلى خليتين أن تستعد داخليا بالزيادة في تكوين البروتين وتضاعف DNA وحمايتها خارجيا بغشاء الإخصاب والطبقة الزجاجة، ثم تبدأ بعدها سلسلة التفلجات المنتظمة والمتتالية.

التفلج هو انقسام البويضة المخصبة إلى خلايا كثيرة تعرف بالفلجات blastormes وتكون كبيرة الحجم في البداية ثم تغدو أصغر فأصغر كلما تقدم التفلج وتنتهي مرحلة التفلج مع تمام تكوين الطور الجنيني المعروف بالبلاستولا blastula ويتميز التفلج بالآتي:

١. يكون منتظم في البداية ثم يتحول إلى انقسامات عشوائية متتالية.
٢. تتحول البويضة المخصبة الوحيدة الخلية إلى تركيب متعدد الخلايا.
٣. لا يتضمن التفلج أي نمو.
٤. يبقى الشكل كما هو ما عدا ظهور تجويف داخلي في طور البلاستولا يسمى تجويف البلاستولا.
٥. يحتفظ السيتوبلازم بالموقع المحددة له كما هي في البويضة المخصبة ولا تتغير أجزاؤه بقدر كبير.



شكل (٤ : ٢) يبين مستويات التفلج
المصدر: Purves et al., 2003

مستويات التفلج Levels of Cleavage

تحدث الانقسامات الثلاثة الاولي في جميع الحيوانات وفق نمط ثابت ومنتظم فمستوى الانقسام الأول يكون عمودي أي إنه يمر بالمحور الرئيسى للبويضة المخصبة بحيث يصل قمة القطب الحيواني بقمة القطب الخضري ويكون الانقسام الثاني عمودي على الأول وينتج عنه أربعة خلايا يختلف حجمها باخلاف نوع البويضات وتكون غالبا متساوية ويكون مستوى الانقسام الثالث أفقى على الانقسامين الأول والثاني (شكل ٤ :٢) وينتج ثمانية خلايا في مجموعتين كل أربعة منهما تكون في مجموعة أحدهما علوية جهة نصف الكرة الحيواني للبويضة والأخرى سفلية جهة نصف الكرة الخضري.

يكون الانقسام (التفلج) في جميع أنواع البيض في بدايته بصورة منتظمة (شكل ٤ :٢) فيعطي الانقسام الأول فلجتين تنقسمان بدورهما إلى أربعة فلجات وتستمر الانقسامات لتعطى ثمانية فلجات ثم ستة عشر فلجة فاثنين وثلاثين فلجة ويعرف هذا الطور بطور التوتية morula stage ويعقب ذلك أن يأخذ الانقسام صور غير منتظمة بحيث يصعب تتبعهم في معظم الفقاريات.

أنواع التفلج Types of Cleavage

سبق أن عرفنا أن سيتوبلازم البويضات يحتوى باستمرار على المح بدرجات متفاوته ولما كان المح الموجود بالبويضة المخصبة مادة غير حية فإن كميته والطريقة التي يتوزع بها في السيتوبلازم ذات أهمية كبرى في تحديد طرز التفلج وعلى ضوء ذلك يمكن تقسيم أنواع التفلج إلى الآتي:

التفلج الكامل Holoblastic Cleavage

و يحدث هذا النوع من التفلج في البويضات قليلة المح أو متوسطة المح ويمكننا أن نصنفه إلى نوعان وذلك حسب توزيع المح في البويضات:

(أ) التفلج الكامل المتساوي Holoblastic equal Cleavage

ويكون هذا النوع من التفلج في البويضات التي يتوزع فيها المح بصورة منتظمة ومتساوية مثل معظم الثدييات والسهيم وتكون كمية المح أيضا غير محسوسة وقليلة بحيث لا تقف

عائقا دون انقسام البويضة وفي مثل هذه الحالة تنقسم البويضة المخصبة انقساما كليا وكاملا معطية عددا من الخلايا المتساوية في الحجم إلى حد كبير وإن كان يلاحظ أن الخلايا الموجودة ناحية القطب الحيواني تبدو أصغر قليلا من الخلايا ناحية القطب الخضرى (شكل ٤ :٣).

(ب) التفلج الكامل غير المتساوي Holoblastic unequal Cleavage

و يحدث هذا النوع من التفلج في البويضات ذيلية المح كما في البرمائيات (الضفدع) حيث توجد به كمية متوسطة من المح تتركز بشكل رئيسى جهة القطب الخضري وعلى أن المح يوجد بهذه الصورة إلا أنه لا يحول دون الانقسام ولكنه فقط يعمل على إبطاء سرعته، كما يتسبب إلى حد ما في إعاقة مستويات التفلج وبخاصة في نصف الكرة الخضرى كلما زادت كمية المادة المحية في القطب الخضرى للبويضة كلما تباطأت عملية التفلج في ذلك القطب أكثر وفي مثل هذه الحالة يكون الانقسام كلي كامل غير أنه غير متساوي، فنجد أن خلايا القطب الحيوانى أسرع في انقسامها (لا تحتوى تقريبا على مح) من خلايا القطب الخضري المحتوية على المح وبذلك تظهر خلايا القطب الحيواني أصغر حجما وأكثر عددا من خلايا القطب الخضرى (شكل٤ :٣).

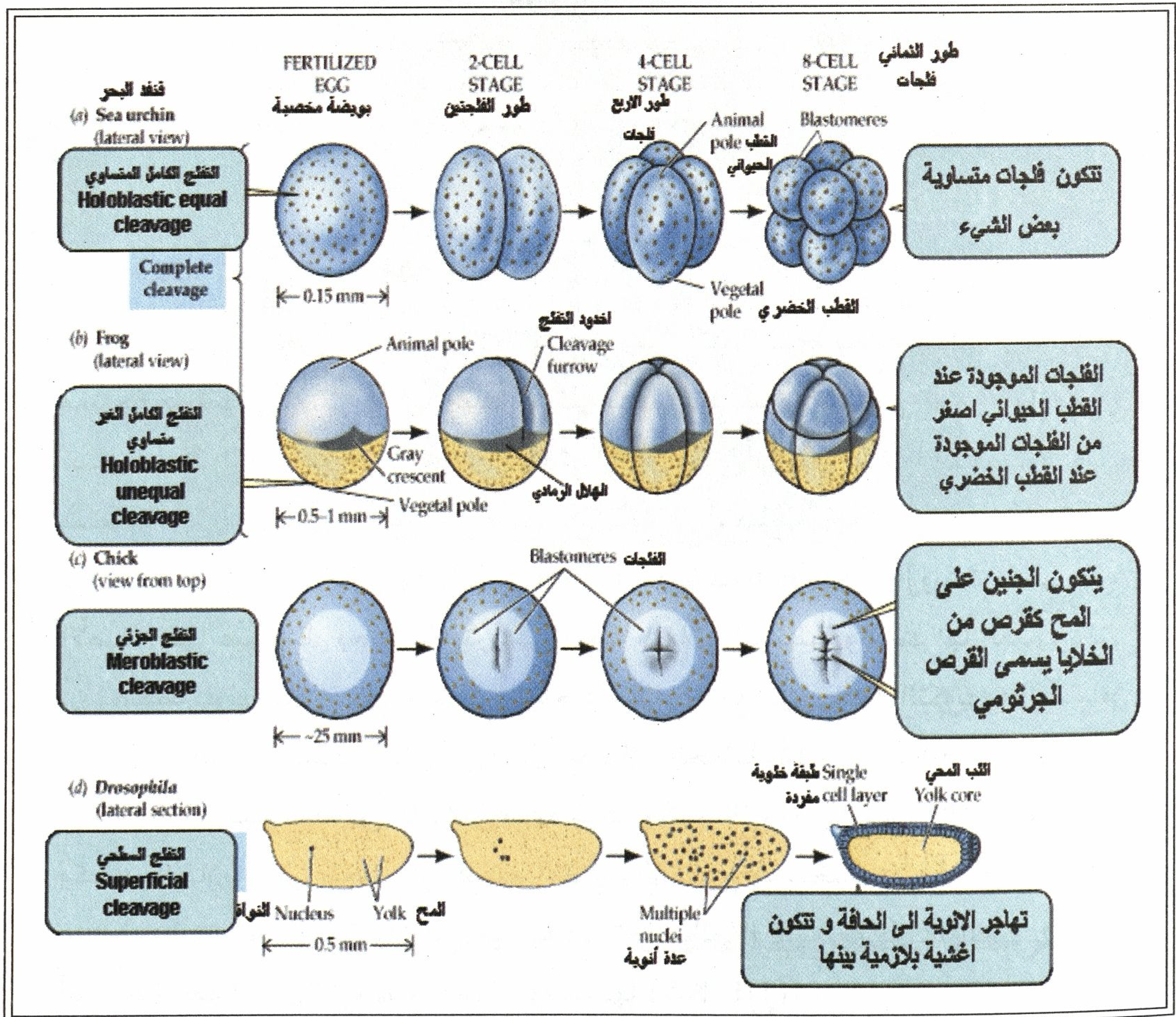
التفلج الجزئى Meroblastic cleavage

و يحدث هذا النوع من التفلج في البيض الذي يحتوى على كمية كبيرة من المح ويكون مركز في منطقة القطب الخضري إلى درجة أن السيتوبلازم الخالي من المح يطفو فوق المح على هيئة قرص صغير يسمى البلاستودرم blastoderm أو السيتوبلازم النشط active cytoplasm ويكون ذلك في بويضات كل من الزواحف والطيور وكثير من أنواع الأسماك فما الذى يحدث لعملية التفلح في مثل هذه البويضات التي تكاد تكون بأكملها عبارة عن مح كثيف؟

فى هذه الحالة يحدث التفلح في السيتوبلازم النشط (القرص الجرثومي) فقط ولا تمر متسويات التفلج بالمح على الإطلاق ويعرف هذا النوع من التفلج بالتفلج الجزئي (شكل ٤ :٣).

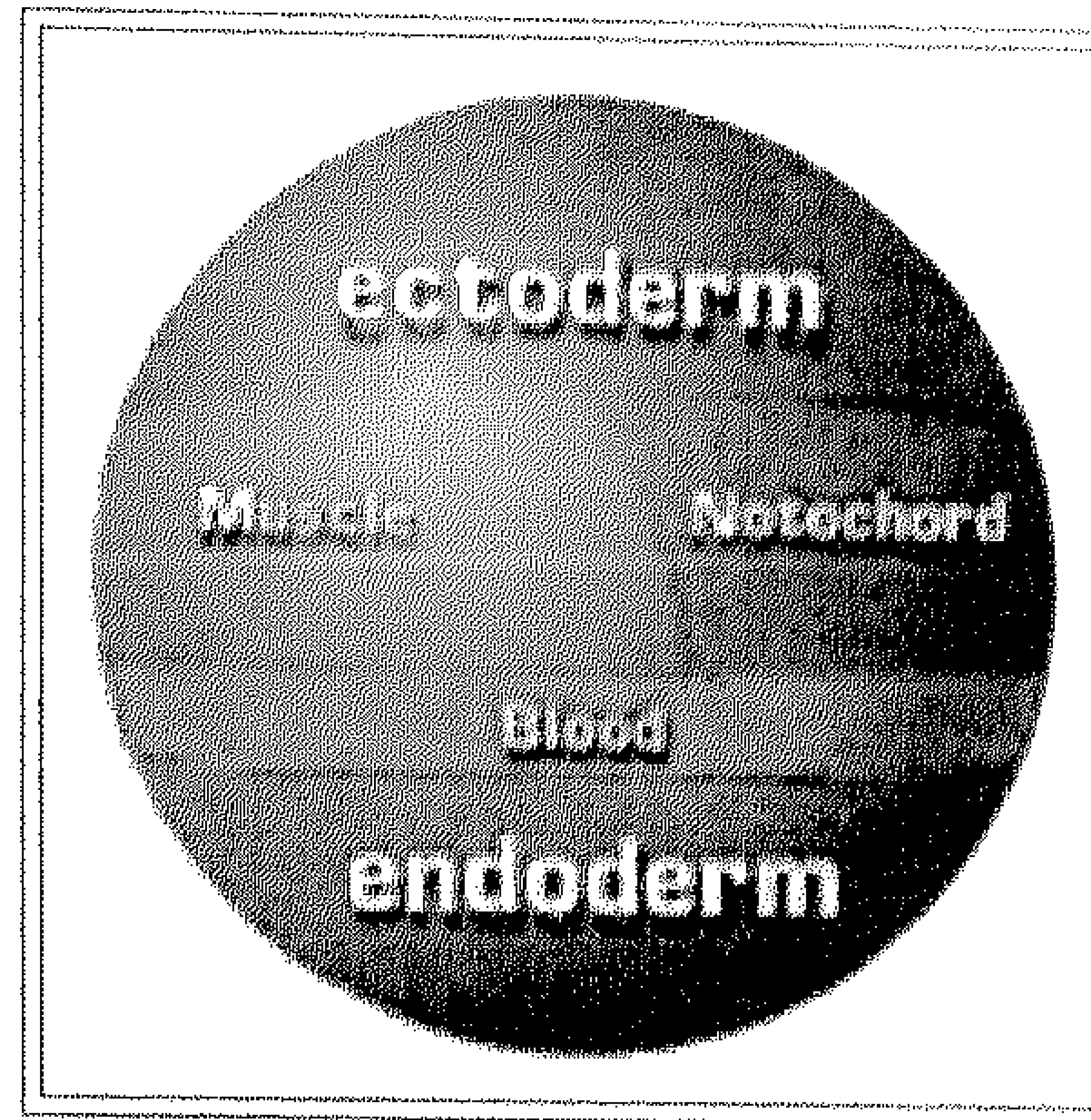
التفلج السطحى Superficial cleavage

ويحدث هذا النوع من التفلج في بويضات الحشرات لوجود المح مركز بوسط هذه البويضات وفى هذه الحالة تنقسم النواة فقط انقساما متتالية ثم تتحرك الأنوية وتتجه إلى سطح البويضة حيث يوجد السيتوبلازم فتنفرد كل نواة بجزء من السيتوبلازم وتتكون الخلايا على سطح البويضة بينما يبقى المح مركزا في وسط البويضة (شكل ٤ :٣).



شكل (٤ : ٣) يوضح أنواع التفلج

المصدر: Purves et al., 2003



شكل (٤ : ٤) يوضح مثال لخريطة المصير لأحد الكائنات في طور البلاستولا
المصدر: www.learner.org

خرائط المصير Fate Maps

تمكن العلماء من توزيع مناطق البلاستولا إلى مساحات وأجزاء بحيث يعطي كل جزء أو مساحة مستقبلا تكوينا جنينيا معينا وذلك باستخدام طرق الاصباغ الحيوية وأول من ابتكر هذه الطريقة هو العالم Vogt وبها تمكن من تتبع خط سير خلايا البلاستولا حتى منتهاها التكويني وتتضمن طريقته هذه صبغ الخلايا بأصباغ حيوية مثل الأحمر المتعادل neutral red والأزرق النيلي nile blue sulphate وكذلك Janus green ويشترط في هذه الأصباغ أنها غير ضار بحيث لا توثر على حيوية الخلايا الجنينية وكذلك لها القدرة على أن تحتفظ بلونها لفترة كافية يتمكن الباحث خلالها تتبع سير عملية التكوين والانقسام وعند صبغ الخلايا بهذه الألوان فإن اللون ينفذ إلى الخلايا وتتلون به وبذلك يمكن تحديد الخلايا المستقبلية وتعيين ما يشتق منها حيث يستمر اللون في الخلايا التي صبغت به وكذلك الخلايا التي نتجت عن عملية التفلج والانقسام ويستخدم الأجار أو السلوفان cellophone كحامل للألوان في البداية وتستخدم المواد المشعة radio chemicals أيضا كطريقة أخرى لتتبع سير الخلايا وهجرتها (شكل ٤:٤).

5

الباب الخامس

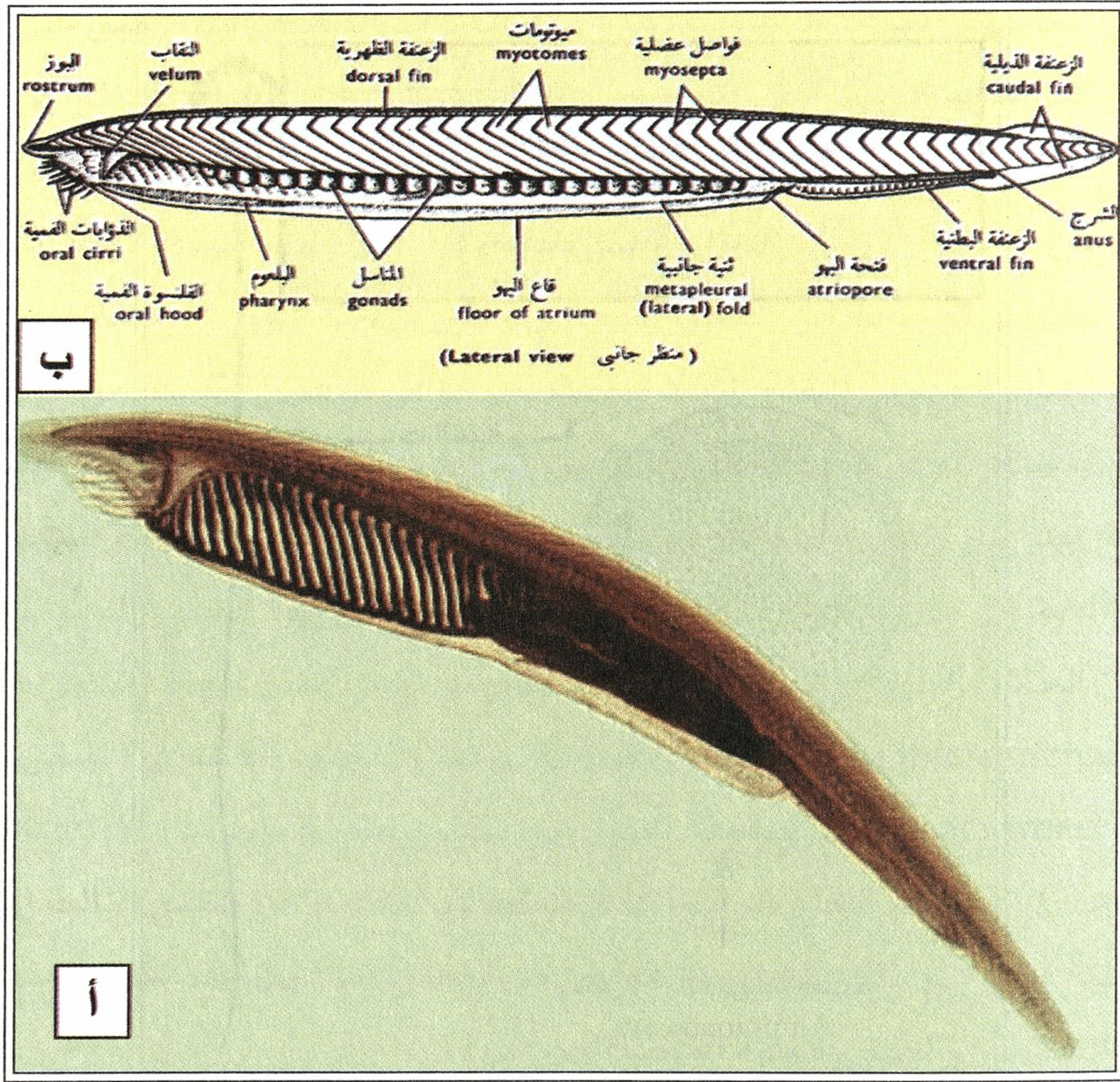
التكوين الجنيني المبكر في السهيم

EARLY DEVELOPMENT IN AMPHIOXNS

- تمهيد
- الأمشاج
- الإخصاب
- التفلج
- خريطة المصير في السهيم
- تكوين الجاسترولا
- تكوين الأعضاء الرئيسية

يعد السهيم من جماعة الحبليات الأولية protochordata التي تتبع phylum chordata وهي آخر شعب عالم الحيوان فهي تلي في الترتيب شعبة شوكية الجلد التي تعد آخر مجموعة من اللافقاريات وتندرج تصنيفيا أيضا تحت شعبة الرأس حبليات Subphylum cephalochordata ويأخذ السهيم الشكل الطولي المضغوط من الجانبين والمدبب من الطرفين وذو طول ما بين ٣،٥ . ٥سم وهو يعد من الحيوانات البحرية والتي تعيش في المياه الضحلة ويتمثل فيه الجهاز العصبي بالأنبوبة العصبية ذات مخ بسيط أو ما يعرف بالحوصلة المخية brain vesicle كما يتمثل الهيكل الداخلي بوجود الحبل الظهري notochord حيث يمتد بامتداد الجسم.

من المعروف أن الجنسين في السهيم منفصلان كما هو الحال في معظم الحبليات الأولية وتقع المناسل (خصي أو مبيض) في الحيوانات البالغة في جانبي الجسم في الجزء البطني لجدار الجسم الخارجي، وهي (المناسل) على شكل عقل ويصل عددها ٢٨ زوج على كل جانب (شكل ٥:١) ويمكن التميز بين الجنسين (الذكر والأنثى) بالدراسة المجهرية للمناسل، ولا توجد لهذه المناسل أي قنوات وعند النضج الجنسي للحيوان يفرغ الناتج من الأمشاج (حيوانات منوية أو بويضات) في تجويف البهو ومنه يخرج إلى خارج الجسم عن طريق فتحة البهو إلى الوسط المائي حيث يتم إخصاب البويضات بالحيوانات المنوية خارجيا.



شكل (٥ : ١) شكل (أ) يوضح شكل حيوان السهيم

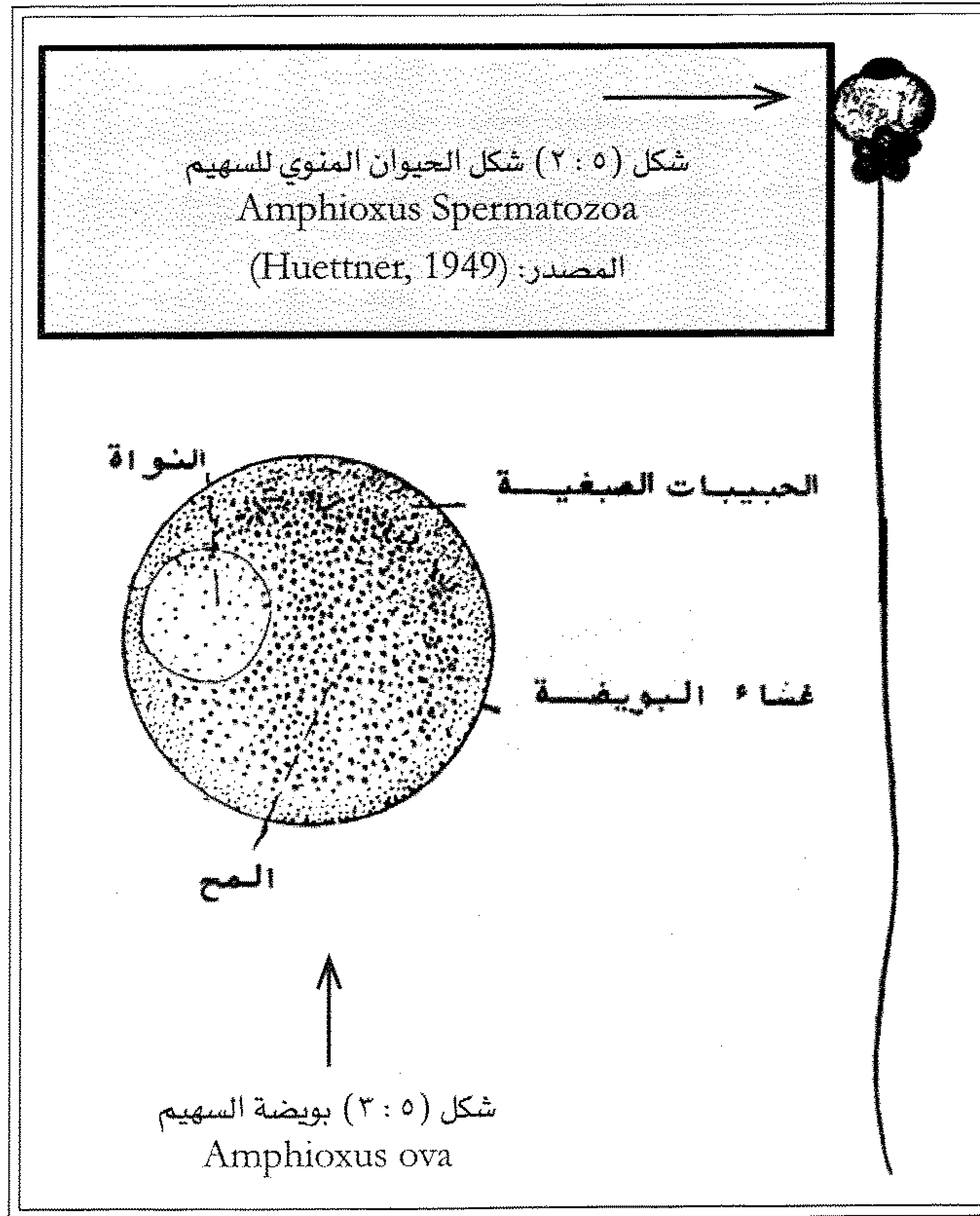
المصدر: www.learner.org

شكل (ب) يوضح التركيب المظهري لحيوان السهيم مبينا موضع المناسل

المصدر: El- Banhawy et al., 1981

الأمشاج:

الحيوان المنوي يتكون من ثلاثة أجزاء رئيسية هي الرأس الذي يأخذ الشكل الكروي ثم القطعة المتوسطة حيث تبدو وكأنها جزء من الرأس لقصرها وأخيرا الذيل وهو طويل جدا (شكل ٥ : ٢). أما بويضة السهيم فهي من النوع المتساوي المح من حيث التوزيع وقليلة المح من حيث الكمية ويتراوح قطرها ما بين ٠,١ - ٠,١٢ مم يمكن ملاحظة أن السيتوبلازم الذي يقع تحت الغشاء البلازمي يكاد يكون خاليا تماما من الحبيبات المحية (شكل ٥ : ٣) وعلى الرغم من توزيع المح بالتساوي إلا أن منطقة القطب الخضري تكون أكثر محا وتتميز منطقة القطب الحيواني بوجود النواة.



شكل (٥ : ٢) شكل الحيوان المنوي للسهيم
Amphioxus Spermatozoa
المصدر: (Huettner, 1949)

شكل (٥ : ٣) بويضة السهيم
Amphioxus ova

الإخصاب:

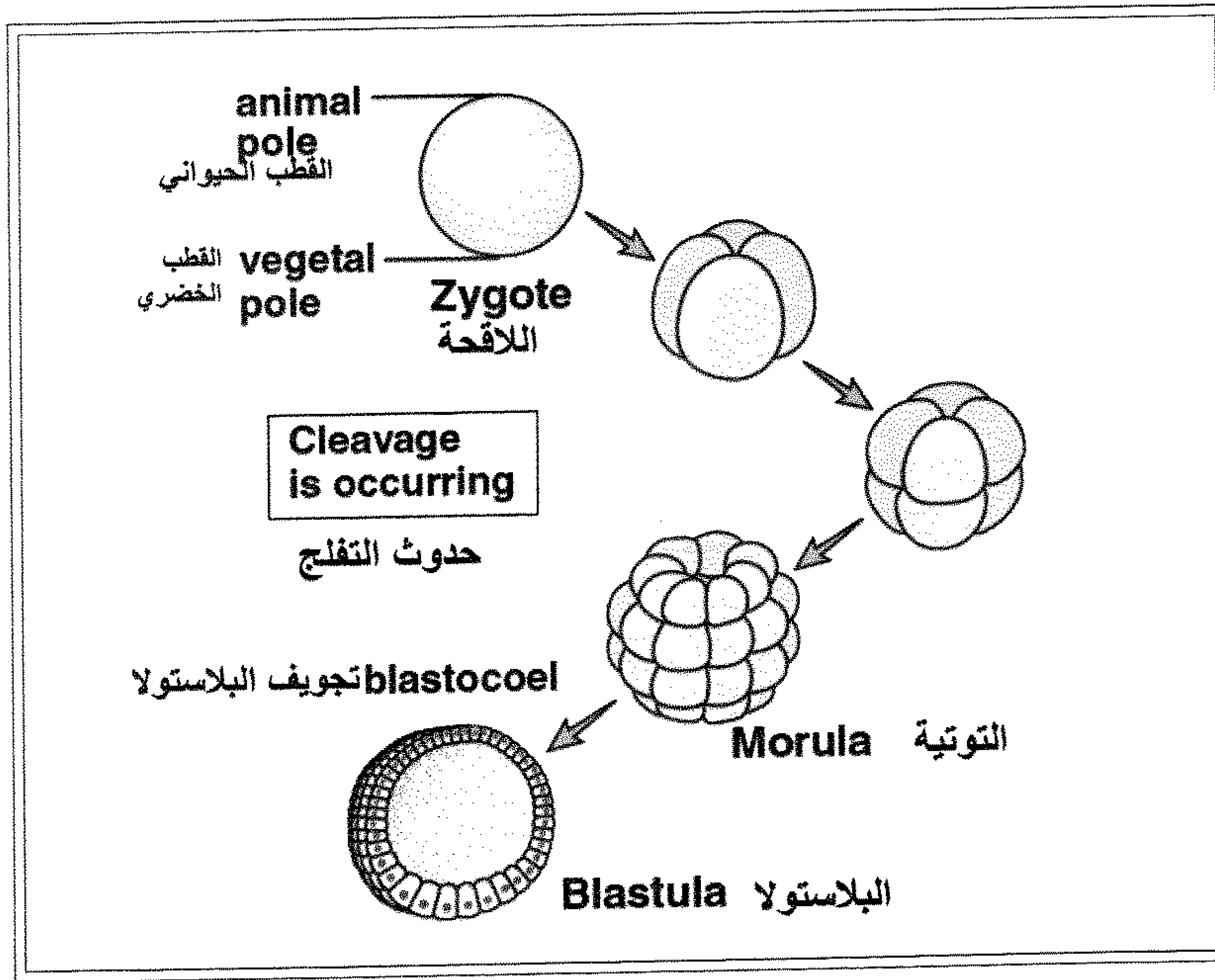
يتم الإخصاب في السهيم خارجيا حيث يحترق الحيوان المنوي البويضة جهة القطب الخضري فيودي ذلك إلى تنبيه البويضة لتكمل نضجها ثم يتكون غشاء الإخصاب وكذلك تتشكل مساحة بين غشاء الإخصاب والبويضة تعرف بالمساحة حول المحية perivitelline space وكناتج نهائي لعملية الإخصاب تتحد كل من نواتي الحيوان المنوي والبويضة لتعطي تكوين اللاقحة zygote.

التفلج:

بعد مرور حوالي ساعة من عملية الإخصاب يبدأ التفلج الأول بظهور ميزاب سطحي في النقطة الوسيطة للقطب الحيواني ويمتد تدريجيا نحو القطب الخضري وفي نفس الوقت فإن نواة البويضة المخصبة تنقسم انقساما غير مباشر لتعطي نواتين تتحرك كل واحدة

منها إلى أحد جهتي ميزاب التفلج وبعدها يستمر الميزاب السطحي في التعمق حتى يقسم البويضة المخصبة إلى قسمين متساويان2-blastomeres لذلك فإن التفلج هنا يكون من النوع الكلي المتساوي holoblastic equal cleavage ويحدث التفلج الثاني بعد مرور ساعتين من الإخصاب ويكون عمودي على المستوي الأول ويبدأ ظهوره أيضا من جهة القطب الحيواني ثم يتجه إلى القطب الخضري وتكون نتيجته تكوين أربع خلايا متساوية 4-blastomeres ويتميز التفلج الثالث يحدث بعد حوالي ساعتين ونصف من الإخصاب بأنه يتم بمستوى أفقي عمودي على التفلجين السابقين وحيث إن التفلج هنا أفقي فإن الانقسام يبدأ في وقت واحد على محيط البويضة بأكملها ولوجود المادة المحية جهة القطب الخضري فإن مستوى التفلج يرتفع قليلا إلى أعلى جهة القطب الحيواني وبناء عليه فإن الخلايا العلوية والتي تمثل النصف الحيواني تكون أصغر حجما (تسمى فلنجات صغيرة micromeres) من الخلايا السفلية والتي تمثل النصف الخضري (تسمى فلجات كبيرة macromeres) ويعرف هذا الطور من التفلج بطور ٨ فلجات 8-blastomeres (شكل ٥ ـ ٤). يقسم التفلج الرابع الثمان الفلجات المتكونة من التلفج الثالث إلى ستة عشر خلية حيث يتم ذلك بمستويين طوليين في وقت واحد (يلاحظ الكبيرة منها جهة القطب الخضري والصغيرة جهة القطب الحيواني).

يتم التفلج الخامس بمستويين أفقيين على غرار التفلج الثالث أحدهما فوق المحور ويقسم الثمانية فلجأت الحيوانية الصغيرة إلى ستة عشر خلية صغيرة والآخر أسفل المحور ويقسم الثمانية فلجأت الخضرية الكبيرة إلى ستة عشر خلية كبيرة حيث يعطى مجموع الخلايا اثنين وثلاثين خلية وهو ما يعرف بطور التوتية morula stage، ثم يعقب ذلك تفلجات عشوائية وغير منتظمة تؤدى في النهاية إلى تكوين تركيب يشبه الكرة الجوفاء ذات طبقة واحدة من الخلايا تحيط بتجويفها الداخلي (شكل ٤:٥) يعرف هذا التركيب باسم البلاستولا blastula والتجويف الداخلي يسمى بتجويف البلاستولا blastula coele وتظهر البلاستولا بالقطاعات العرضية على شكل حلقة خلوية تقع فيها الخلايا الصغيرة جهة القطب الحيواني والخلايا الكبيرة جهة القطب الخضري (شكل ٤:٥).



شكل (٥ : ٤) يبين التفلج في السهيم وتكون البلاستولا
المصدر: www.biocourse.com

تكون الجاسترولا Gastrulation

عند تمام تكوين البلاستولا فإن طورا آخر يبدأ في التكوين وهو طور الجاسترولا gastrulation ويمكن اعتبار هذه المرحلة من التكوين مرحلة تمايزية أولى first differentiation phase والتي يمكن فيها تحديد ثلاثة أنواع من الخلايا المتمايزة عن بعضها البعض وهي خلايا الطبقة الخارجية (الاكتودرم ectoderm) والطبقة الوسطى (الميزودرم mesoderm) والطبقة الداخلية (الاندودرم endoderm).

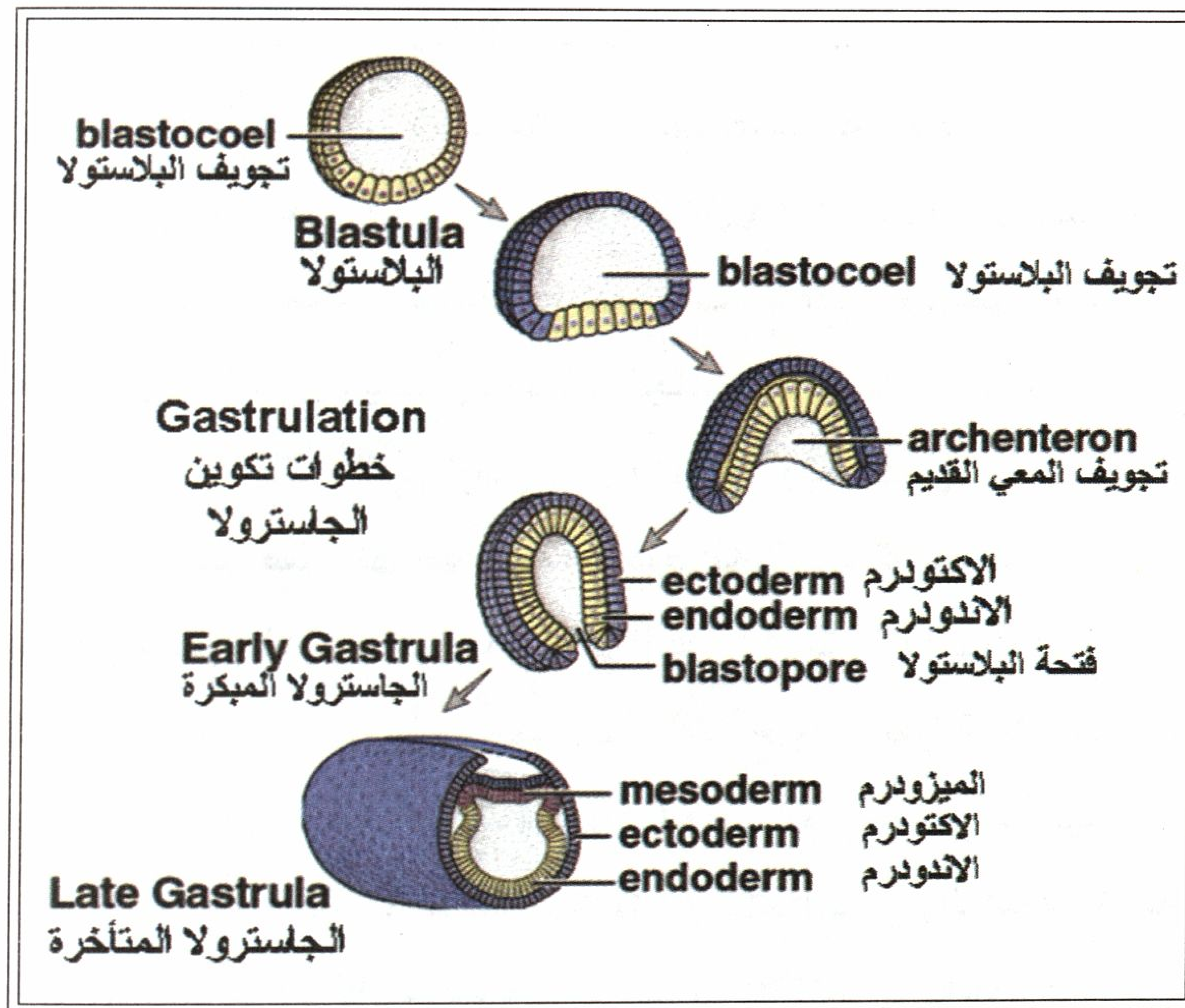
تختلف آلية تكوين الجاسترولا في طوائف الحيوان المختلفة فهى أقل تعقيدا في اللافقريات إذا ما قورنت بالفقاريات وكذلك فإنها أكثر بساطة في السهيم عنها في بقية الفقريات وإن كانت دراستها وتتبع نتائجها التكوينية تعتبر مدخل لفهم آليات تكوين الجاسترولا في جميع الفقاريات. يبدأ تكوين الجاسترولا في بلاستولا السهيم بأن تتخذ خلايا المنطقة جهة القطب الخضري الشكل السطحي المنبسط ويعقب ذلك انغماد هذه الخلايا إلى الدخل invagination حيث تقترب شيئا فشيئا إلى الخلايا جهة القطب الحيواني (شكل ٥:٥).
في نفس الوقت التي تتم فيه عملية الانغماد هذه فإن نقصا في حجم تجويف البلاستولا

يلاحظ وعند تمام التصاق الخلايا الخضرية (أكبر حجما) بالخلايا الحيوانية (أصغر حجما) فإن تجويف البلاستولا يتلاشى تماما ويظهر عوضا عنه تجويف جديد يسمى تجويف الجاسترولا أو تجويف المعي الأولى gastrocoel or archenteron يمكن تصور تكوين الجاسترولا في السهيم بالبالون المنفوخ والذي يضغط على أحد جهاته باليد حتى تلتصق جهة اليد على الجهة الأخرى ، يتصل تجويف الجاسترولا السابق الذكر بالخارج عن طريق فتحة واسعة هي فتحة الثقب الجرثومى blastopore وتحيط بها شفتان إحداهما علوية والأخرى سفلية وتصغر هذه الفتحة نتيجة لاستطالة الجاسترولا كلما تقدم عمر الجنين وخلال تكوين الجاسترولا فإن محورها يلف بزاوية ١٢٠° تقريبا وبهذا التكوين الجديد فإن الجاسترولا تحتوى على طبقتين أحدهما جهة الخارج وهى طبقة الأكتودرم ectoderm والأخرى إلى الداخل وهى طبقة الاندودرم endoderm وبعملية حث جنينى embryonic induction من الأكتودرم كنسيج حاث inducer tissue تتكون الطبقة الثالثة وهى طبقة الميزودرم mesoderm (شكل ٥:٥) وتتميز طبقة الاكتودرم بوجود أهداب cilia تمكن الجاسترولا من الدوران داخل غشاء الإخصاب وكذلك تستفيد منها اليرقة المبكرة عند خروجها من البيضة كأداة للحركة وتساعد عملية انقسام الخلايا المستمر والسريع - خاصة جهة الشقة العليا - الجاسترولا على أن تستكمل اسطالتها حيث تتخذ عند نهايه تكوينها شكلا بيضويا (شكل ٥:٥) وتستغرق البويضة المخصبة حواي ثمانية ساعات حتى تعطي تكوين الجاسترولا.

خريطة المصير في السهيم:

يمكن تقسيم بلاستولا السهيم إلى المناطق التالية:

١. **منطقة الاندودرم:** وتشمل تقريبا النصف السفلي وتعطي تكوين القناة الهضمية.
٢. **وتشمل تقريبا النصف العلوي:** هي بدورها تنقسم إلى مساحتين الأولى البشرة وتشغل الجهة البطنية والجانبية وتعطي تكوين الجلد الثانية الصفيحة العصبية وتمتد على الجهة الأمامية الظهرية والجانبية وتعطي فيما بعد تكوين الجهاز العصبي.
٣. **منطقة الحبل الظهري:** وتقع إلى الجهة البطنية من الصفيحة العصبية.
٤. **منطقة الميزدورم:** وتقع على جانبي منطقة الحبل الظهري فيما بين الاكتودرم والانودرم وتتكون منها القطع العضلية شكل (٥ : ٦).



شكل (٥ : ٥) يبين تكوين الجاسترولا في حيوان السهيم

تكوين الأعضاء
Organs Development

بنظرة تشريحية سريعة لجسم السهيم فإنه يمكن ملاحظة أربعة تراكيب رئيسة هي:

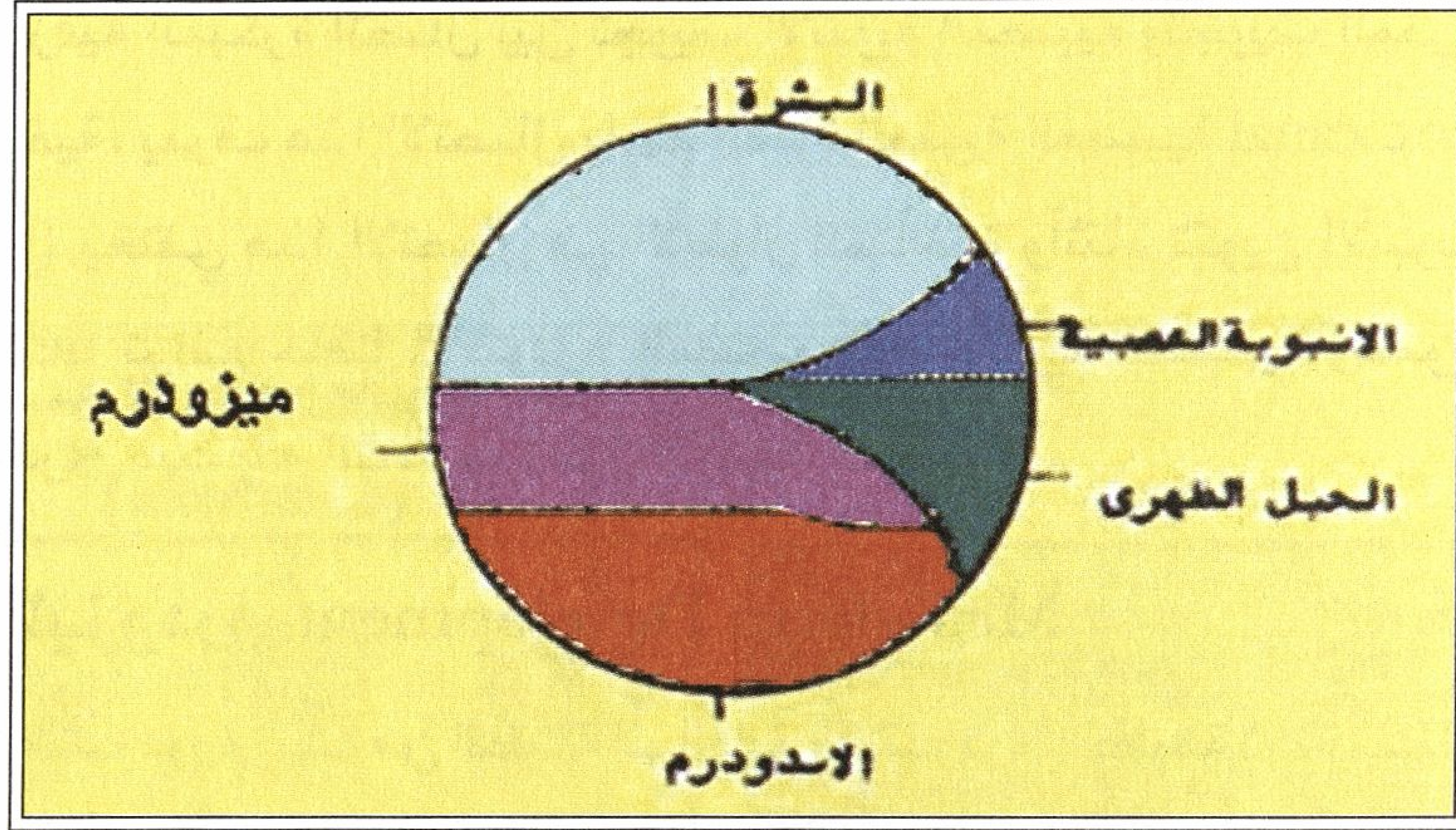
١. الحبل الظهري كهيكل داخلي للحيوان وكما ذكرنا فإنه يمتد بامتداد الجسم

٢. الجهاز العصبي وهو يتركب من جزئين أحدهما إلى الأمام وهو المخ البسيط أو الحويصلة المخية brain vesicle والجزء الثاني هو الحبل الشكوي spinal cord ويقع الجهاز العصبي فوق الحبل الظهري.

٣. القناة الهضمية أو المعي enteron

٤. التراكيب التي تنشأ من الميزودرم.

والذي يجب ذكره هنا أن معظم التكوينات والتراكيب المختلفة تتكون في أوقات واحدة أو متلاحقة وليس بأوقات متباعدة وبالرجوع إلى (شكل٥:٧) يتبين ما ستعطيه كل طبقة في نموذج لجنين فقاري.



شكل (٥ : ٦) خريطة المصير في السهيم

تكوين الحبل الظهري Notochord Development

يتكون الحبل الظهري أساسا من الخلايا الموجودة في المنطقة الوسطى الظهرية لتجويف الجاسترولا (المعي الأولي) حيث تكون هذه الخلايا أخدودا تقعره إلى أعلى (أي جهة الأنبوبة العصبية) وفي نفس الوقت الذي تتكون فيه بقية التركيبات الرئيسية تنفصل خلايا الأخدود وتتقارب وتلتحم مع بعضها البعض حتى يختفي الأخدود ويظهر تكوين الحبل الظهري كقضيب مصمت ومفصول عن الاندورم ثم يمتد بعد ذلك إلى الأمام والخلف (شكل ٥:٨).

تكوين الجهاز العصبي Nervous System Development

بعد أن تأخذ الجاسترولا بالاستطالة يحدث تسطح للمنطقة الظهرية في الطبقة الخارجية (الاكتودرم) لا تلبث أن تنخفض عن مستوى الطبقة الخارجية وهذا الجزء المقتطع من الاكتودرم سيكون هو المسؤول عن تكوين الأنبوبة العصبية neural tube يتشكل من خلايا الاكتودرم السابقة أخدود أو ميزاب عصبي neural groove ذو ثنيتين عصبيتين neural folds تتجه كل ثنية عصبية نحو الأخرى إلى أن تلتقيا ويتم التحامهما ويتكون بذلك الأنبوبة العصبية neural tube حيث تأخذ شكل قناة عصبية تقع فوق الحبل الظهري وذات تجويف يفتح إلى الأمام بفتحة تعرف بالفتحة العصبية neuropore تظهر في الأطوار اليرقية المبكرة ومنها ينشأ مستقبلا تكوين العضو الشمي كما يلاحظ أيضا في

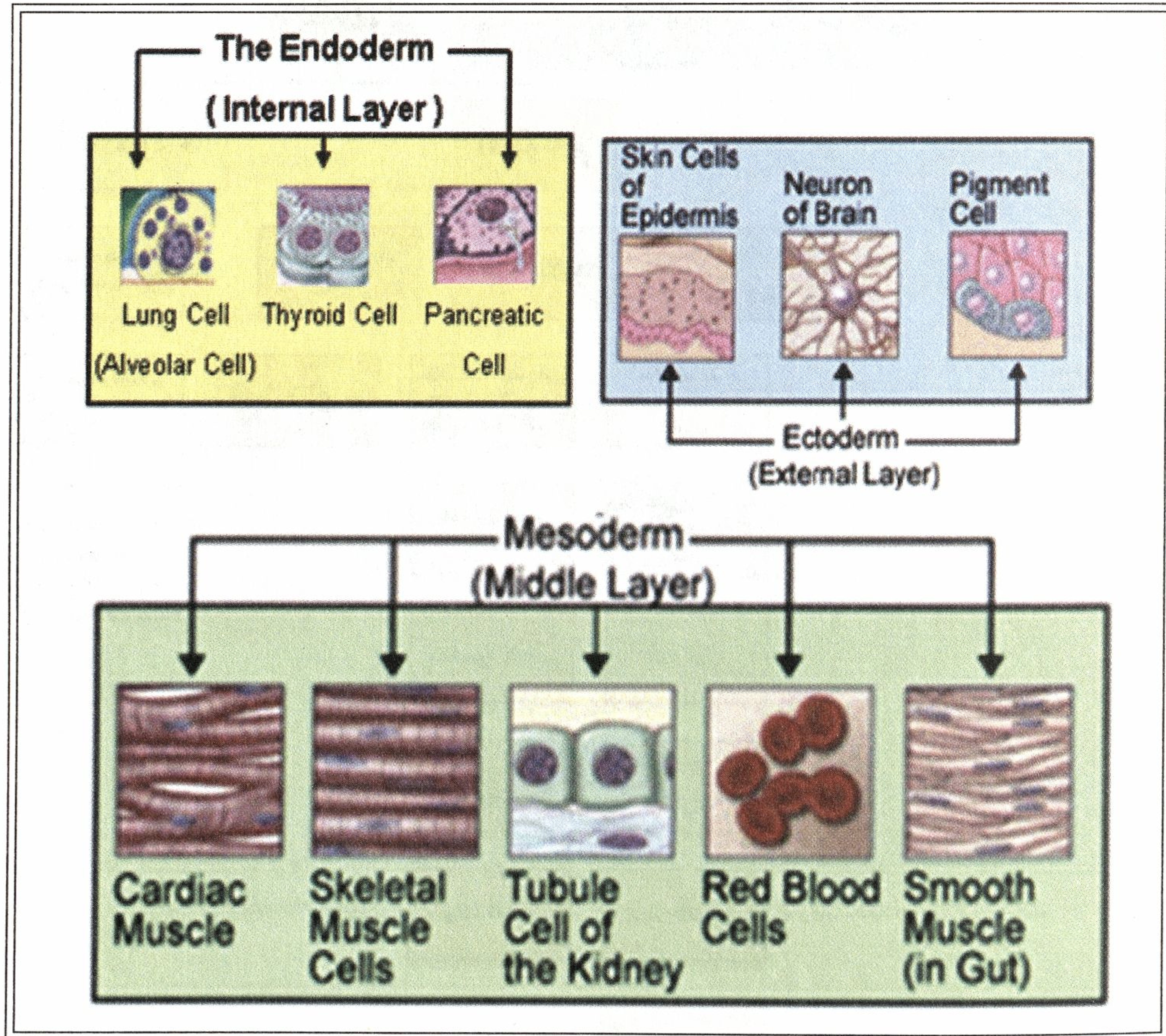
الأطوار اليرقية المبكرة اتصال بين تجويف الأنبوبة العصبية وتجويف المعي الأولى في الجهة الخلفية، يعرف هذا الاتصال باسم القناة المعوية العصبية neuronteric canal (شكل ٥:٨) يختفي هذا الاتصال في الأطوار المتأخرة وأثناء تكوين الأنبوبة العصبية neurulation ترتفع حافتا الاكتودرم المقتطع منه الأنبوبة العصبية وتنمو كل واحدة باتجاه الأخرى حيث يتم التحامهما فوق الأنبوبة العصبية.

تكوين الميزودرم Mesoderm Development

معروف أن الميزدورم ينشأ من الطبقة الداخلية (الاندودرم) كطبقة ثالثة مستقلة في كثير من الأجنة الفقارية ويحف هذا التكوين والتمايز كثير من الغموض وهو كما ذكرنا يعتبر التمايز الأولي للخلايا الجنينية إذ إن طبقة الميزودرم ستعطى تكوينات خاصة تختلف في أشكالها ووظائفها عما ستعطيه طبقة الاندودرم إلا أنه في السهيم يلاحظ أن الميزودرم ينشأ كأجزاء مستقلة من الاندودرم حيث يتكون من الخلايا التي على جانبى منطقة الحبل الظهري أخدودان، أخدود على كل جانب وكما هو في حالة تكوين الحبل الظهري فإن كل أخدود يكون تقعره إلى أعلى ثم ينشأ على طول كل أخدود حواجز عرضية تحوله إلى وحدات صغيرة تعرف باسم جيوب المعي الأولى وهي تستمر في النمو محتفظة بتجاويفها والتي لا تلبث أن تنفصل عن المعى الأولى وتعطي تكوين القطع الجسمية mesodermal somites (شكل ٥ : ٨، ٥ : ٩) ثم يتمايز الميزودرم إلى مشتقاته التكوينية المختلفة وسيأتي شرح ذلك عند الحديث عن الميزودرم في البرمائيات.

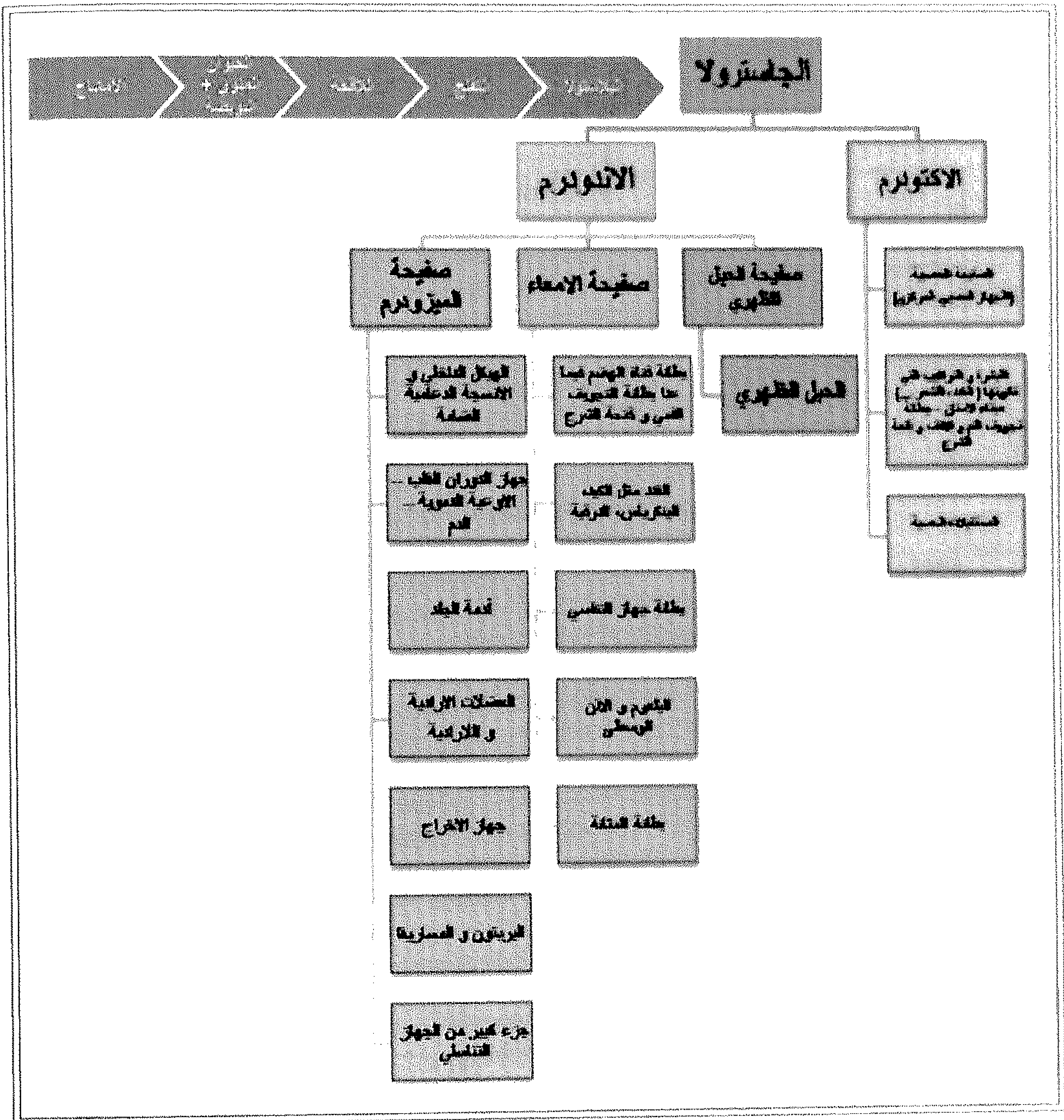
تكوين المعي Enteron Development

بعد انفصال كل من الميزودرم كقطع جسمية من الاندودرم وكذلك انفصال الحبل الظهري فإن حافتي الاندورم تنموان من الطرفين حتى تلتقيا وعندها يظهر تكوين المعي للسهيم (شكل ٥ : ٨، ٥ : ٩) وبتقدم عمر اليرقة يلتحم المعي من الأمام بالاكتودرم المواجه ليعطي تكوين الفم ويلتحم من الخلف بالاكتودرم ليعطي تكوين فتحة الشرج.



شكل (٥ : ٧ أ) يبين أمثلة من الأنسجة التي تتكون من كل طبقة من الطبقات الجرثومية الثلاث الاكتودرم والاندودرم والميزودرم

المصدر: www.encyclopedia.com

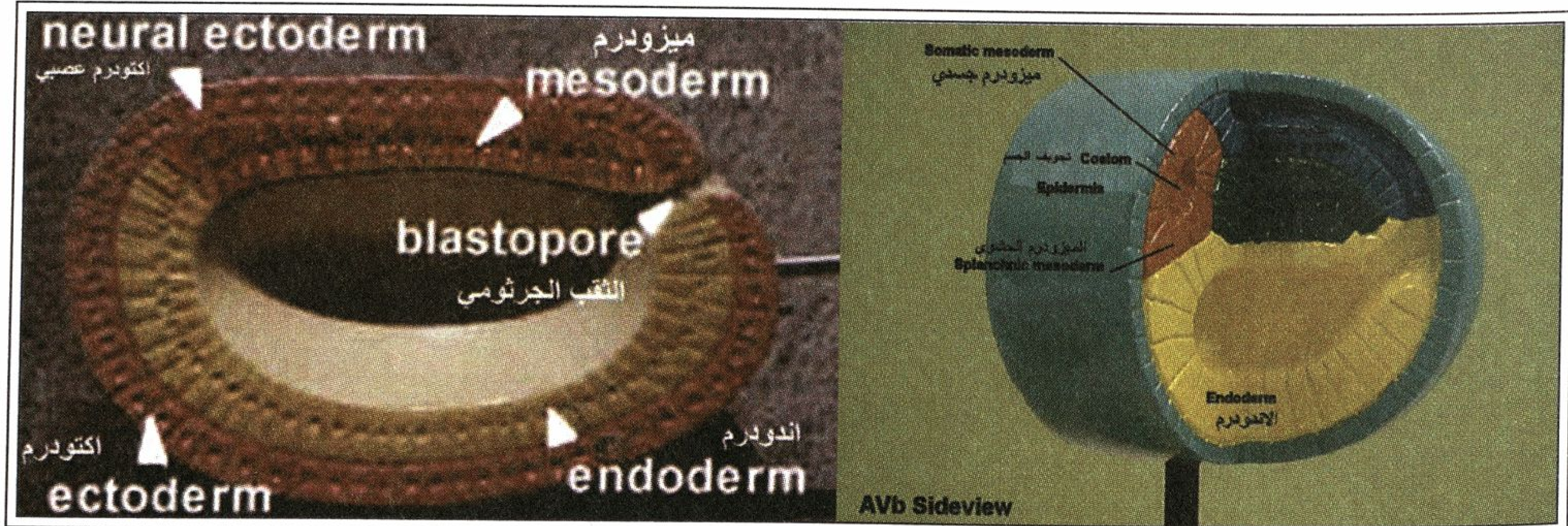


شكل (٥ : ٧ ب) نموذج لتكوين جنين فقاري وما تعطيه كل طبقة من طبقات الجاسترولا

Cleavage
التفلج
morula
التوتية
a.
b.
c.
d.
تكوين الجاسترولا
Gastrulation
blastocoel
تجويف البلاستولا
تجويف المعي القديم
archenteron
الاكتودرم
ectoderm
endoderm
الاندودرم
الميزودرم
mesoderm
البلاستولا
blastula
blastopore
gastrula
e.
f.
g.
تكوين الانبوبة العصبية
Neurulation
الانبوبة العصبية
neural tube
neural groove
resumptive
otochord
mesodermal
pouch
الحبل الظهري
notochord
coelom
السيلوم
gut
gut
endoderm
ectoderm
outer
and
inner
layers of
mesoderm
الطبقة الخارجية
و الداخلية للميزودرم
neurula
h.
j.

شكل (٥ : ٨) قطاعات عرضية في أطوار التكوين الجنيني للسهيم توضح تكوين الاعضاء الرئيسية

المصدر: Hopper & Hart, 1985



شكل (٥ : ٩) قطاعات سهمية (طولية) في أطوار التكوين الجنيني توضح تكوين الاعضاء الرئيسية

المصدر: Hopper & Hart, 1985

6

الباب السادس

التكوين الجنيني المبكر في الأسماك

EARLY DEVELOPMENT IN FISH

- تمهيد
- التفلج
- تكوين البلاستولا
- تكوين الجاسترولا والطبقات الجرثومية
- تكوين المحور والمنظمات الجنينية في الأسماك

تعتبر طائفة الأسماك من أكبر الطوائف في الفقاريات، حيث تنقسم الأسماك إلى:

الأسماك العظمية Osteichthes

تتميز بالفم الطرفي والذيل ذو الفصين المتماثلين وغالبا ما يكون بها الإخصاب خارجي، كما أن لها مواسم تكاثر كشهور معينة في السنة ومن أمثلتها سمك البلطي والناجل وسمكة الزرد.

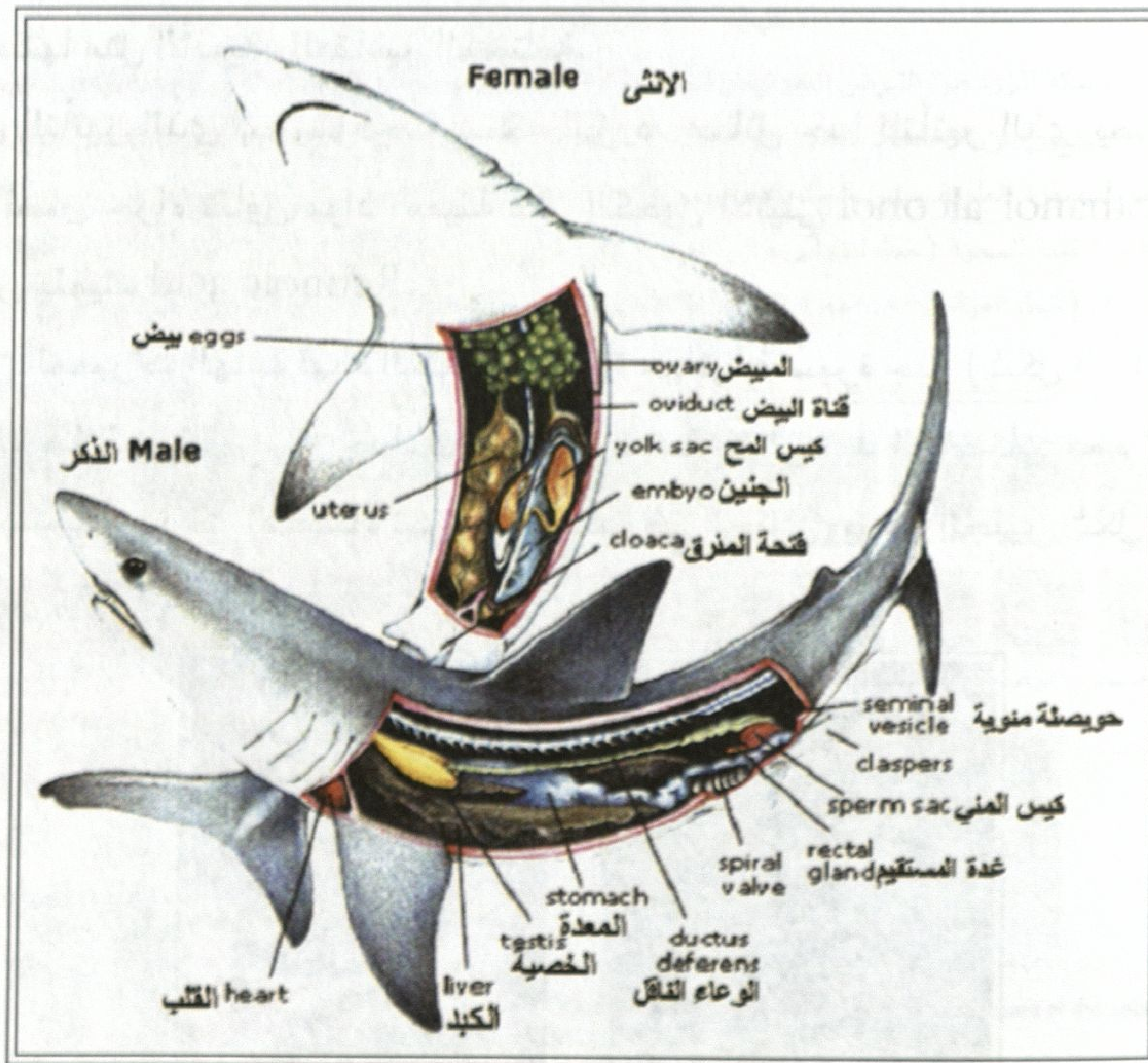
الأسماك الغضروفية Chondrichthes

تتميز بأن هيكلها يكون غضروفيا وغالبا يكون فمها في الناحية البطنية من الجسم، كما يتميز ذيلها بأن فصيه غير متساويين، وغالبا يكون الإخصاب فيها داخليا وتكون نشيطة جنسياً معظم السنة ومن أمثلتها كلب السمك وسمك القرش.

تحتوي الخصية غير الناضجة في الأسماك على أمهات مني، إما بصورة متفرقة أو في تجمعات صغيرة، وتمر بعمليات انقسام متتالية تؤدي في النهاية إلى تكوين وفرة من الخلايا المنوية الابتدائية وقلة من الخلايا المنوية الثانوية، وعندما تنشط الخصية تنقسم الخلايا المنوية الابتدائية، والمتكونة في الحويصلات، لتكون خلايا منوية ثانوية وهذه بدورها تنقسم لتكوين طلائع منوية والتي لا تلبث أن تتحور مكونة حيوانات منوية وبحلول موسم التزاوج تكون خصي الأسماك متضخمة لامتلائها بتلك الحيوانات التي لا تلبث أن تنطلق من الحويصلات إلى الوعاء الناقل ومنه إلى الماء حيث يصب على بويضات الأنثى، وبخروج الحيوانات المنوية تنكمش الخصية نتيجة انكماش فصوصها وفصيصاتها المنوية، وتتكون أيضاً خلايا سرتولي Sertoli cells، في الفصيصات أو الحويصلات الخصوية لكثير من أنواع الأسماك ويتناسب وجودها طردياً مع تقدم عملية تكوين الحيوانات المنوية أي خلال فترة النضج حالها في ذلك حال الخلايا البينية. وهناك أنواع أخرى من الأسماك مثل كلب السمك *Scylliorhinus Canicule* لا توجد له فترة تزاوج محددة إنما يكون دائماً في حالة نشاط جنسي. هذا بينما توجد لبعض الأسماك دورتين تزاوجيتين أو ثلاث، وتكثر مثل هذه الأسماك في مياه المناطق الحارة.

وبالنسبة لأنثى السمك فإن تركيب الجهاز التناسلي فيها يختلف على حسب نوع السمك فهناك أسماك بيوضة حيث يضم المبيض خلايا بيضية صغيرة تمر بمراحل نمو مختلفة

حتى تصل إلى خلايا كبيرة (شكل ٦ – ١ ب) وخلال عملية النمو يترسب المح ويكون بكمية كبيرة في بعض أنواع الأسماك وقليلة في أسماك أخرى ويتراوح قطر البويضة الناضجة ما بين ١٠٠-٧٠٠ ميكرون حسب نوع السمك، والنوع الثاني من الأسماك يكون بيوضا ولودا ovovivi parous بمعنى أنها فترة تكون بيوضة ثم في فترة أخرى تتبع الحيونات الولودة في طريقة تكوينها الجنيني كما في سمكة heterandriaformosa، والنوع الثالث من الأسماك هو الأسماك الولودة فقط viviparous كما في سمكة *Xipho Phorushellin*، وهناك بعض أنواع الأسماك خنثوية hermaphrodite مثل الناجل حيث يوجد بالمنسل تراكيب مذكرة وأخرى مؤنثة وبعض هذه الأسماك تتحول عند طول معين إلى ذكر حيث تسود التراكيب الخصوية أو إلى أنثى حيث تسود التراكيب المبيضية ويوضح شكل (٦ : ١ أ، ٦ : ١ ب) الجهاز التناسلي في الأسماك.

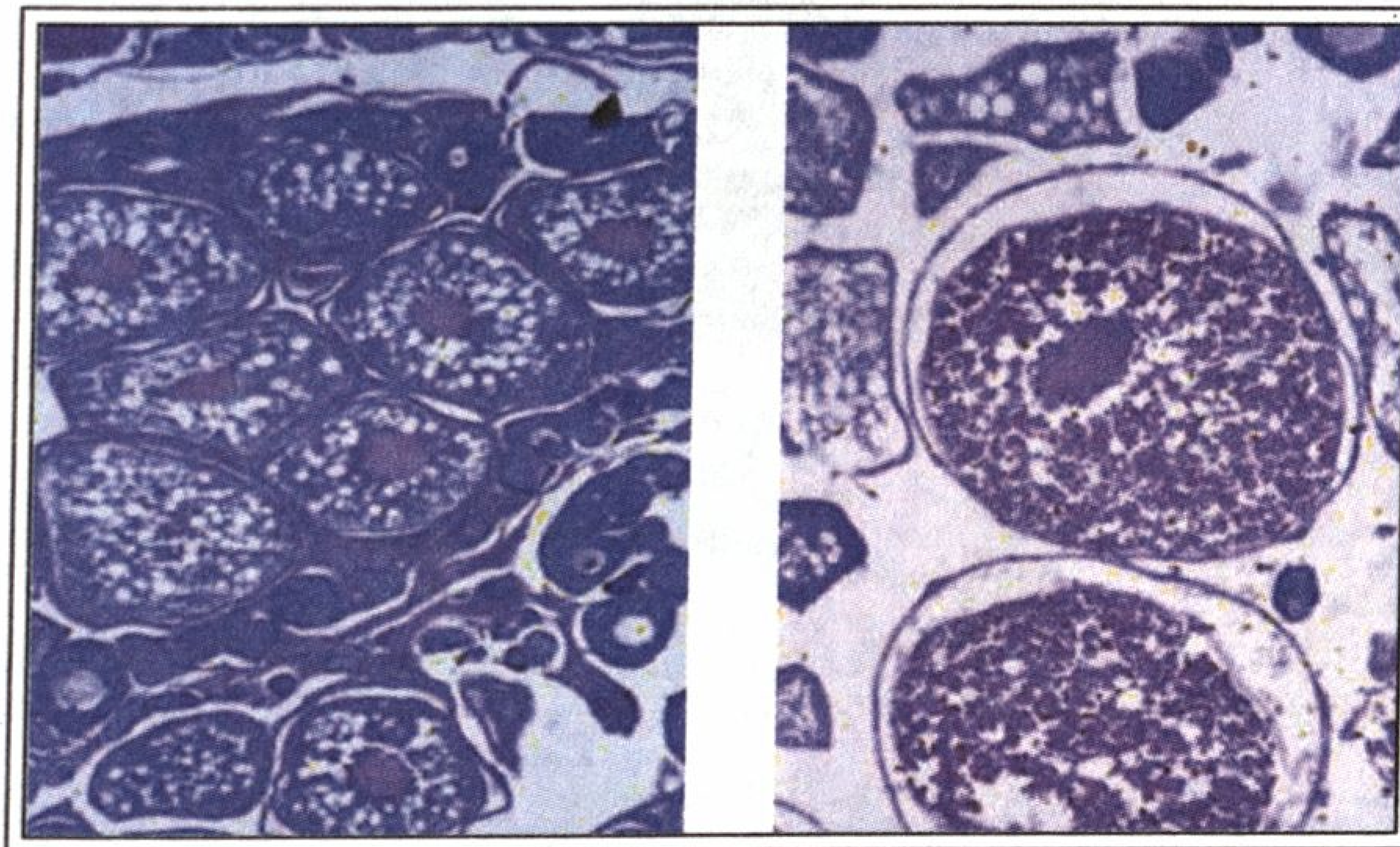


شكل (٦ : ١ أ) الجهاز التناسلي في السمك
المصدر: www.daviddarling.info

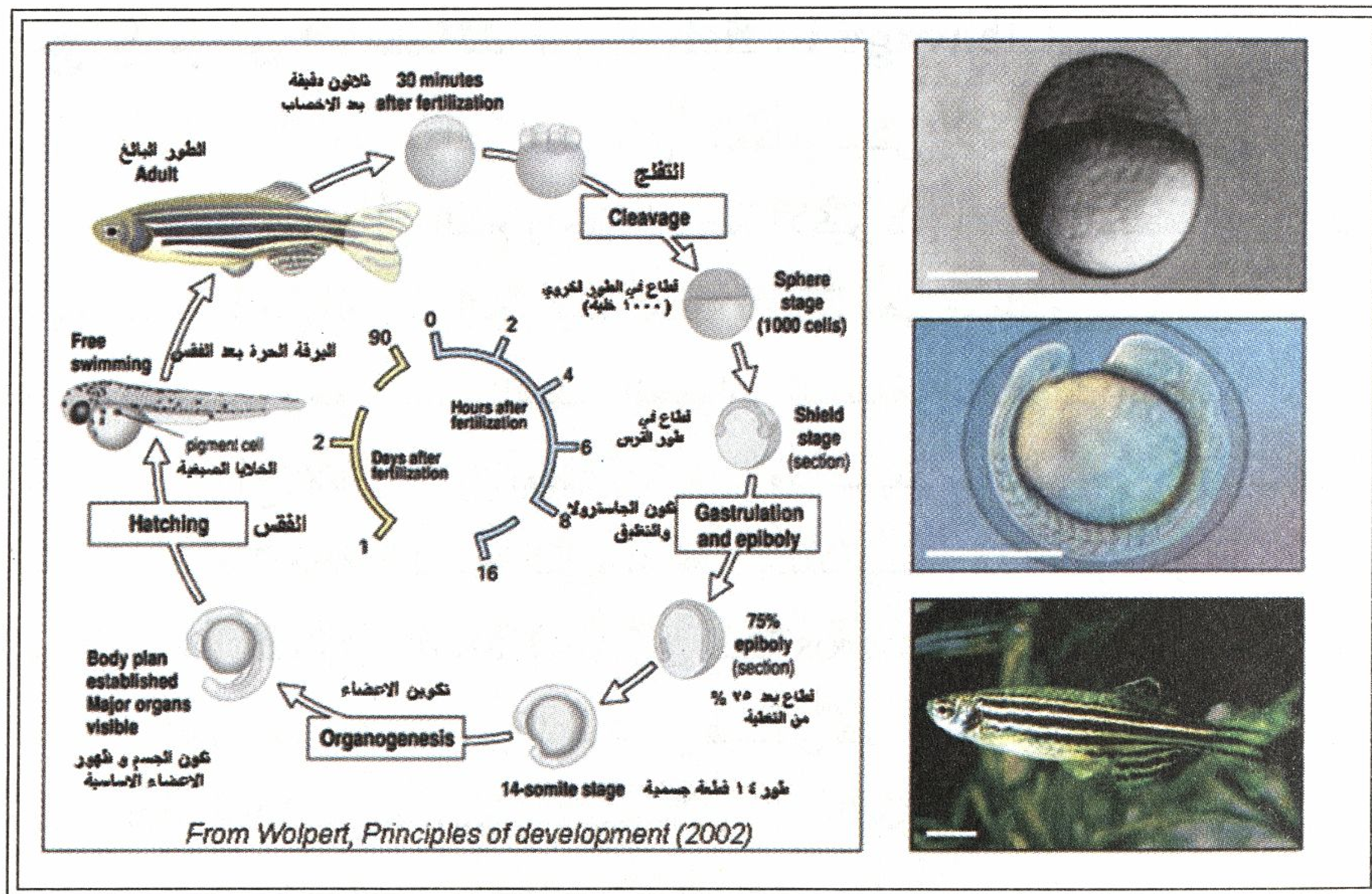
سنعتمد وصف التطور الجنيني لسمكة الزرد Zebrafish في هذا الباب ونعتبرها مثالاً للتطور الجنيني للأسماك. أصبحت السمكة العظمية المعروفة بسمكة الزرد Zebrafish اسمها العلمي Danio rerio نموذجا لدراسة التطور الجنيني للفقاريات.

العوامل التي جعلت من سمكة الزرد مثالا جيدا لدراسة التطور الجنيني للأسماك العظمية:

١. هذه السمكة تنتج بيضاً بكمية كبيرة
٢. تتكاثر طوال العام (أي إنه ليس لديها مواسم محددة للتكاثر)
٣. أجنة هذه السمكة شفافة يمكن رؤية نموها وهي تنموا خارج الأم مما يسهل فحصها تحت المجهر. بالتالي فدراسة الطفرات والتشوهات يكون سهل جداً.
٤. الأغلفة الجنينية في أجنة سمكة الزرد تسمح بنفاذية الجزيئات الصغيرة بالتالي أصبح بالإمكان اختبار المواد المختلفة على أجنة هذه السمكة ودراسة تأثيرها على أجنتها مثل الأدوية والعقاقير المختلفة.
٥. إن التأثير الذي يصيب أجنة سمكة الزرد مماثل جدا للتأثير الذي يصيب أجنة الإنسان جراء تناول مواد معينة مثل الكحول الاثيلي Ethanol alcohol وحمض الريتينويك Retinoic acid.
٦. من المميزات الهامة لهذه السمكة أن دورة حياتها قصيرة جدا (شكل ٦ : ٢) كما أن تطورها الجنيني سريع جداً، ففي الـ ٢٤ ساعة الأولى بعد الإخصاب نجد أن معظم الأنسجة وبدايات الأعضاء تكون قد تكونت في الجنين ويتخذ الجنين شكل أبو ذنيبة شكل (٦ : ٣).

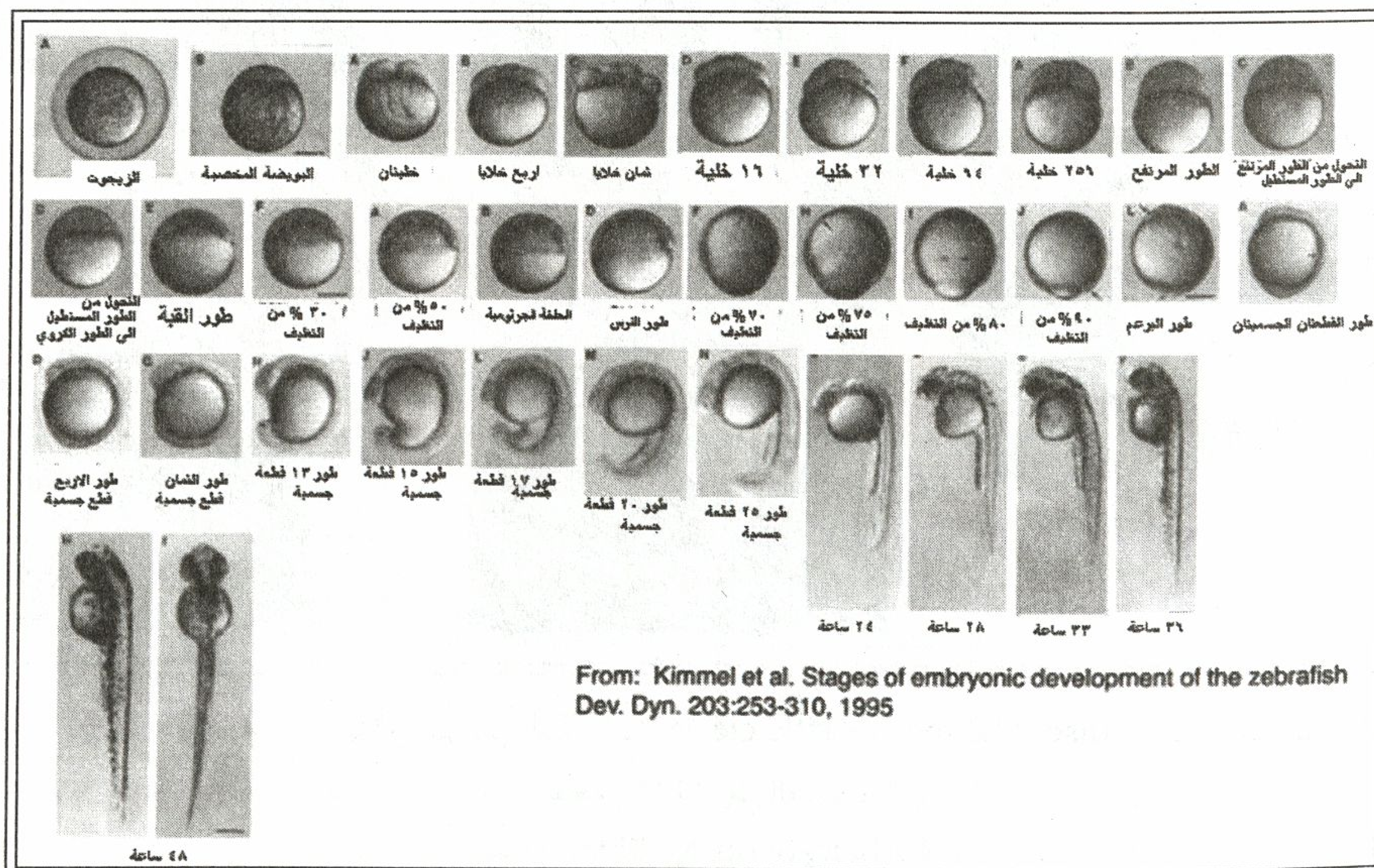


شكل (٦ : ١ ب) أطوار من تكوين البويضات في مبيض الأسماك
المصدر: Chilton L. 2004



شكل (٦ : ٢) دورة حياة سمكة الزرد

- يتكون جنين سمكة الزرد من القرص الجرثومي الذي يتخذ شكل الفنجان على الخلية المحية الكبيرة، يكون تطور الجنين سريعاً وخلال يومين من الاخصاب تفقس اليرقة السمكية الصغيرة من البيضة حاملة معها ما بقي لها من المح كي تتغذى عليه. تظهر الصورة العلوية جنين سمكة الزرد بعد الاخصاب وقبل التفلجات حيث يوجد الجنين في القرص لاجرثومي الموجود فوق الكتلة المحية (خط القياس=٠,٥ مم). تظهر الصورة الوسطى جنين به ١٤ قطعة جسدية يظهر فيه تكون بعض الأعضاء (خط القياس=٠,٥ مم). الصورة السفلية تظهر سمكة الزرد الناضجة (خط القياس=١سم).

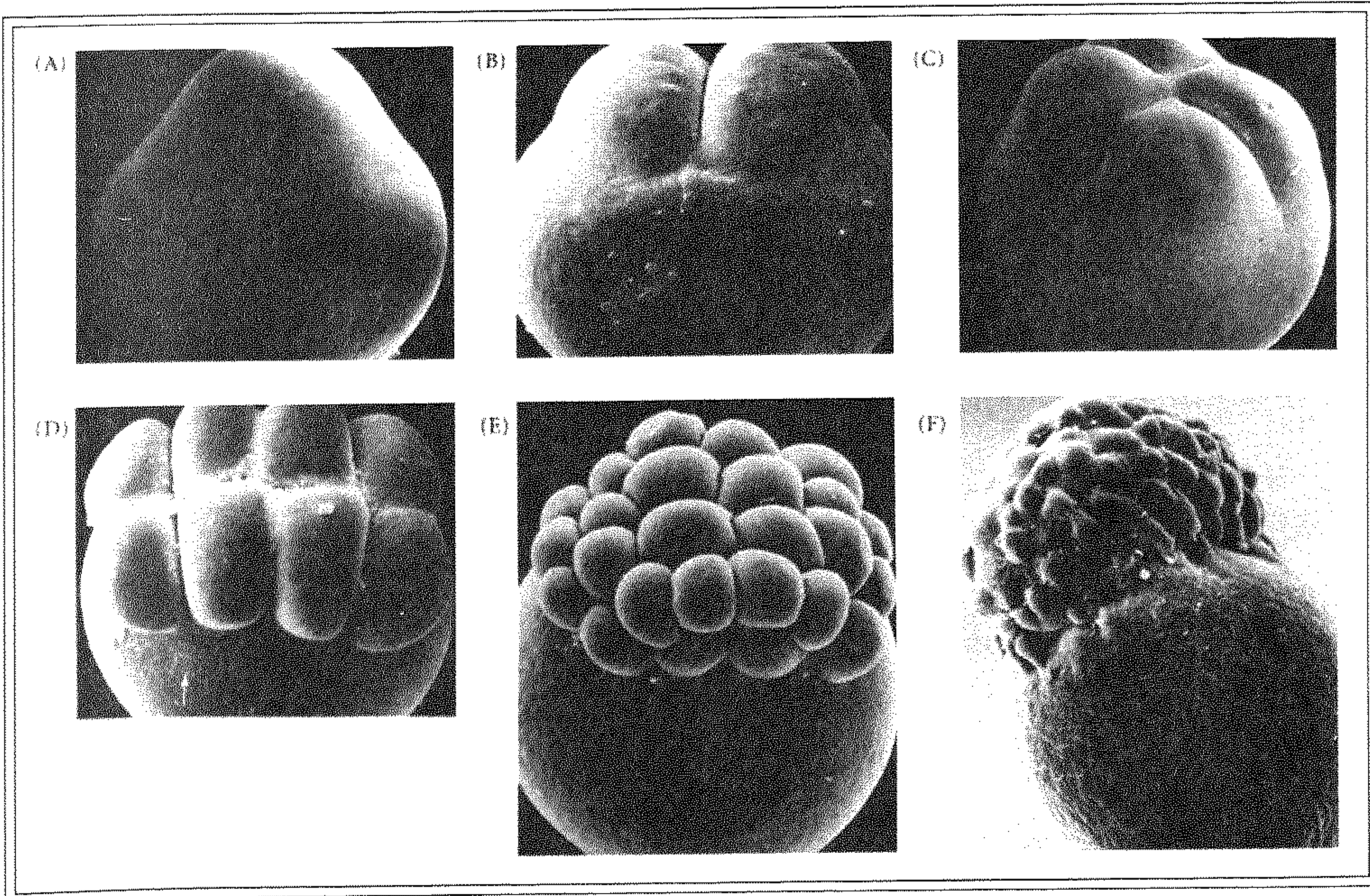


شكل (٦ : ٣) يبين مراحل التكوين المختلفة لسمك الزرد من الاخصاب وحتى ٣٦ ساعة بعد الاخصاب

التفلج في بيض الأسماك Cleavage in fish eggs

قطر بيضة سمك الـزرد حوالي ٠,٧ مـم. معظم بيض الأسماك من نـوع ذيلي المح Telolecithal مما يعني أن المح يأخذ الحجم الأكبر في الخلية البيضية. بالتالي فإن التفلج يحدث فقط في القرص الجرثومي Blastodisc وهي منطقة رقيقة من السيتوبلازم لا تحتوي على مح موجودة عند القطب الحيواني للبيضة. التفلجات الخمسة الأول تكون كلها عمودية والتفلج الأفقي الأول يعطي ٦٤ خلية وذلك بعد ساعتين من الإخصاب.

التفلجات في هذه الحالة لا تقسم البويضة كلياً لذلك يسمى هذا النوع من التفلج بالتفلج الجزئي Meroblastic cleavage (حيث إن كلمة meros باليونانية تعني جزئي). وبما أن الجنين يتكون فقط من القرص الجرثومي فيسمى هذا النوع من التفلج الجزئي بالتفلج القرصي Discoidal. تبدو صور التفلج القرصي الجزئي Discoidal meroblastic cleavage في بيض السمك بواسطة المجهر الإلكتروني الماسح واضحة في شكل (٦ : ٤).



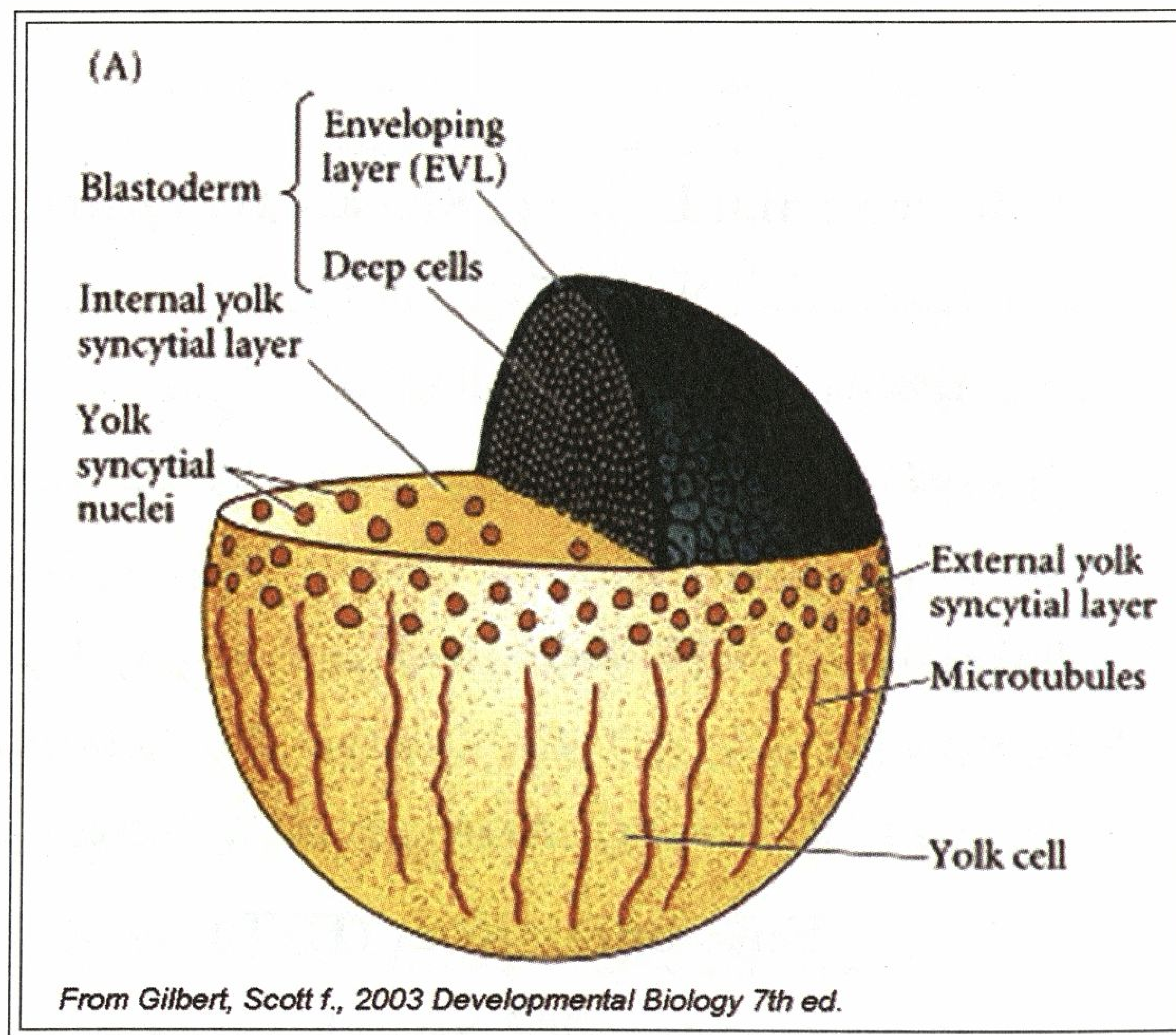
شكل (٦ : ٤) ويظهر فيه صور التفلج القرصي الجزئي discoldal meroblastlc cleavage في بيض السمك بواسطة المجهر الإلكتروني المسح

المصدر: Gilbert, Scott f,. 2003

موجات الكالسيوم التي تبدأ عند الإخصاب تحفز انقباضات الأكتين في الهيكل الخلوي actin cytoskeleton لكي يضيق أو يعصر السيتوبلازم غير المحي الموجود في القطب الحيواني من البيضة. تحول هذه العملية شكل البيضة الكروي إلى الشكل الكمثري مع بروز القرص الجرثومي لأعلى. تكون الانقسامات الخلوية الأولى سريعة جداً حيث يستغرق كل انقسام ١٥ دقيقة فقط.

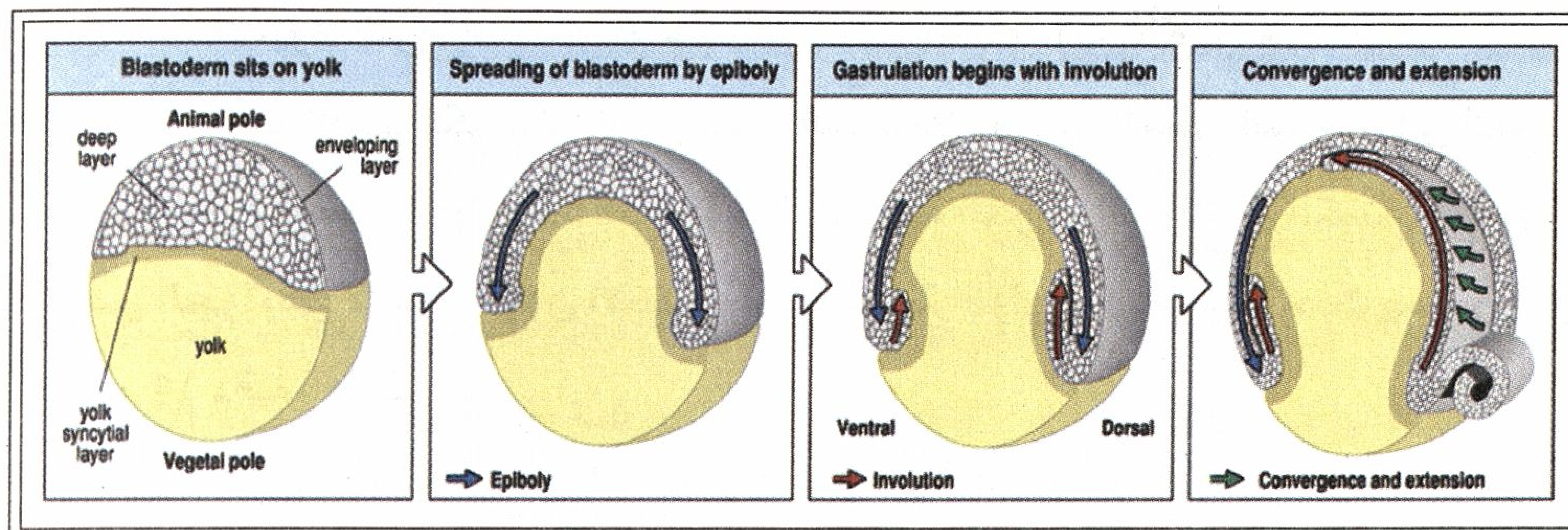
أول اثنى عشر انقسام تحدث متزامنة مكونَه كتلة من الخلايا تتواجد على القطب الحيواني للخلية البيضية. تتكون هذه الخلايا من القرص الجرثومي. حيث تبقى هذه الخلايا على اتصال مع بعضها البعض ومع المح الموجود تحتها. عند بداية حدوث الانقسام العاشر تبدأ معالم التحول للبلاستولا في الظهور.

نجد هنا أن الانقسام الخلوي يصبح أبطأ كما أن تحركات الخلايا تصبح واضحة وعند هذه المرحلة يمكن تمييز ثلاثة أنواع من الطبقات الخلوية.



شكل (٦ : ٥) بلاستولا السمك

➔ شكل (A) قبل أن تكون الجاسترولا تكون الخلايا الداخلية العميقة محاطة بالطبقة المغلقة (EVL) السطح أو الجهة قرب القطب الحيواني للخلايا المحية تكون منبسطة وتحتوي على أنوية الخلايا المحية المخلوية Yolk syncitial layer كما تمتد الأنيبيبات الدقيقة خلال السيتوبلازم المحي وخلال المنطقة الخارجية للطبقة المخلوية المحية.



شكل (٦ : ٦) التغطية والتحول إلى الجاسترولا في جنين سمك الزرد

- بعد انتهاء المرحلة الأولى من التكوين الجنيني في سمكة الزرد نجد أن الجنين يكون عبارة عن كتلة من الخلايا تقع فوق الكتلة المحية. يتم تغطية الكتلة المحية بواسطة انقسام وحركة الخلايا الموجودة في الكتلة الجنينية العلوية.
- يتم تكوين الجاسترولا بتغطية الكتلة المحية بواسطة انتكاس الخلايا الموجودة على الحافة السفلية للكتلة الجنينية للداخل وفي وقت واحد

المصدر: Wolpert, 2002

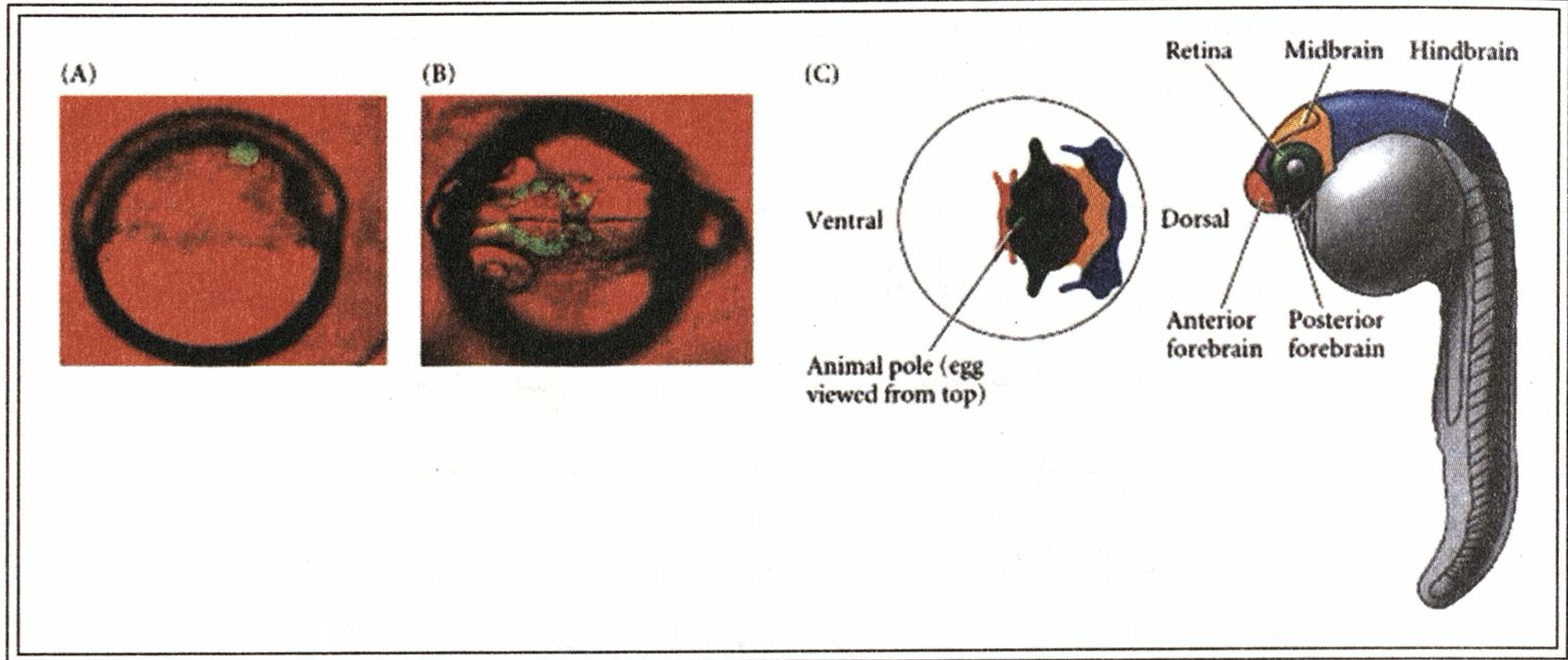
١. الطبقة المخلويه المحية Yolk syncytial Layer (YSL)

وتتكون هذه الطبقة في الدورة العاشرة من الخلايا حيث تلتحم الخلايا الموجودة على حافة القرص الجرثومي مع الخلايا المحية الموجودة أسفل منها. عن هذا الالتحام ينتج دوائر من الأنوية في الجزء المحي من الخلية البيضية وهذه تكون متواجدة أسفل القرص الجرثومي (شكل ٦ : ٥).

يمتد فيما بعد القرص الجرثومي ليغطي القطب الخضري وتدخل هذه الخلايا مكونة طبقة مخلوية محية داخلية Internal YSL (شكل ٦ : ٥، ٦ : ٦). تكمن أهمية طبقة (YSL) في توجيه التحركات الخلوية عند تكوين الجاسترولا.

٢. الطبقة المغلفه Enveloping layer (EVL)

وهي تتكون من طبقة الخلايا السطحية للقرص الجرثومي حيث تكون صفيحة من طبقة واحدة من الخلايا الطلائية. فيما بعد تكون هذه الخلايا الـ Periderm. أو الطبقة الأدمية المحيطة وهي عبارة عن غطاء جنيني خارجي يحفظ الجنين. يتم التخلص منه في المراحل الجنينية المتأخرة (شكل ٦ : ٥).



شكل (٦ : ٧) تحديد خريطة المصير باستعمال الفلورسنت

- شكل (A) تم حقن خلايا معينة في جنين سمكة الزرد بصبغة فلورسنتية لا تنتشر خارج الخلايا. بعد ذلك تم تفعيل أو تنشيط الصبغة بواسطة الليزر في منطقة صغيرة (حوالي ٥ خلايا) في أطوار التفلج الأخيرة للجنين.
- شكل (B) تم فحص الخلايا ذات الصبغة النشطة بعد بدء تكوين الجهاز العصبي المركزي وشوهدت هذه الخلايا مجتمعة في المخ الأمامي والمخ المتوسط.
- شكل (C) خريطة المصير لسمكة الزرد يظهر فيها الجهاز العصبي المركزي. تم حقن الصبغة بعد ٦ ساعات من الاخصاب (الصورة الموجودة إلى اليسار) وظهرت الألوان على السمكة بعد فقسها (الصورة الموجودة إلى اليمين). تداخل الألوان في لاسمكة الناتجة من البيضة يدل على أن الخلايا المكونة لهذه الأعضاء قد أتت من منطقتين جنينيتين أو أكثر.

المصدر: Gilbert,Scott f, 2003

٣. الخلايا العميقة Deep cells

وهي الخلايا التي تكون موجود بين الطبقة المحيطة (EVL) والطبقة المخلوية المحية (YSL) وهذه هي الخلايا التي سيتكون منها الجنين لاحقاً.

يتم دراسة مصير الخلايا الجنينية المختلفة في أجنة الأسماك لتحديد خريطة المصير باستعمال صبغات فلوروسنتية لا تنتشر بين الخلايا بحيث تبقى الصبغة داخل خلية معينة وتنتقل فقط للخلايا الجديدة التي تنشأ من هذه الخلية الأم (شكل ٦ : ٧).

تكوين الجاسترولا في أجنة الأسماك Gastrulation in fish embryo

أول حركة خلوية تؤدي لتكوين الجاسترولة في أجنة الأسماك هي قيام خلايا القرص الجرثومي بتغطية المح وتسمى هذه العملية epiboly. هنا تقوم الخلايا العميقة deep cells الموجودة في القرص الجرثومي بالتحرك للخارج لكي تقحم نفسها مع الخلايا السطحية.

يبدأ بعد ذلك هذا الخليط من الخلايا في التحرك ناحية القطب الخضري فوق سطح المح حيث تغلف المح تماماً شكل ٦ : ٦، ٦ : ٨).

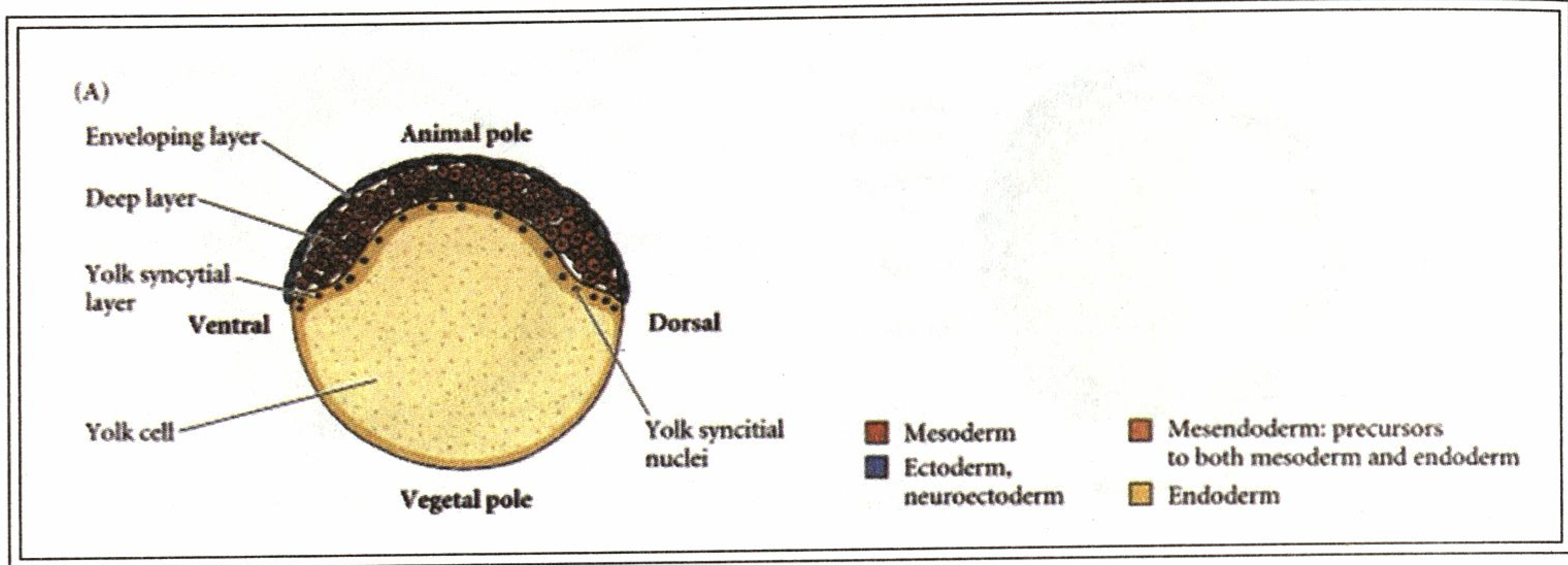
الحركة التي تحصل من الخلايا ليست بسبب زحف الفلجات. كما أن الحركة باتجاه القطب الخضري ليست بسبب الزيادة في حجم أو عدد خلايا الطبقة المخلوية المحية YSL داخل السيتوبلازم المحي. إن خلايا الطبقة المحيطة EVL مرتبطة ارتباطاً وثيقة بخلايا الطبقة المخلوية المحية YSL وبالتالي تجرها معها. بعد ذلك تقوم الخلايا العميقة الموجودة في القرص الجرثومي بملء الفراغ الموجود بين خلايا الطبقة المخلوية المحية YSL وخلايا الطبقة المحيطة EVL مع استمرار التغطية Epiboly.

يمكن توضيح هذه الميكانكية بقطع الاتصال بين خلايا الـ الطبقة المخلوية المحية YSL وخلايا الطبقة المحيطة EVL. عند ذلك نجد أن خلايا الـ الطبقة المحيطة EVL والخلايا العميقة تعود فوق المح بينما تستمر خلايا الطبقة المخلوية المحية YSL في إحاطتها للخلية المحية. تمدد الطبقة المخلوية المحية YSL يعتمد على شبكة من الانبيبات في داخلها، وقد لوحظ أن كلا من الإشعاعات والأدوية تؤدي إلى منع عملية polymerization لـ Tubulin التي تثبط عملية التغليف. خلال عملية التغليف epiboly لوحظ أن أحد أطراف القرص الجرثومي يصبح أسمك من الطرف الآخر. وقد أظهرت الدراسات أن هذا الجزء هو الذي يعطي المنطقة الظهرية للجنين شكل (٦ : ٨).

تكوين الطبقات الجرثومية The formation of germ layers

بعد أن تغطي خلايا القرص الجرثومي نصف المح في بيض سمك الزرد Zebrafish. يظهر تغلظ على حافة القرص الجرثومي وهو الذي يقوم بعملية التغطية.

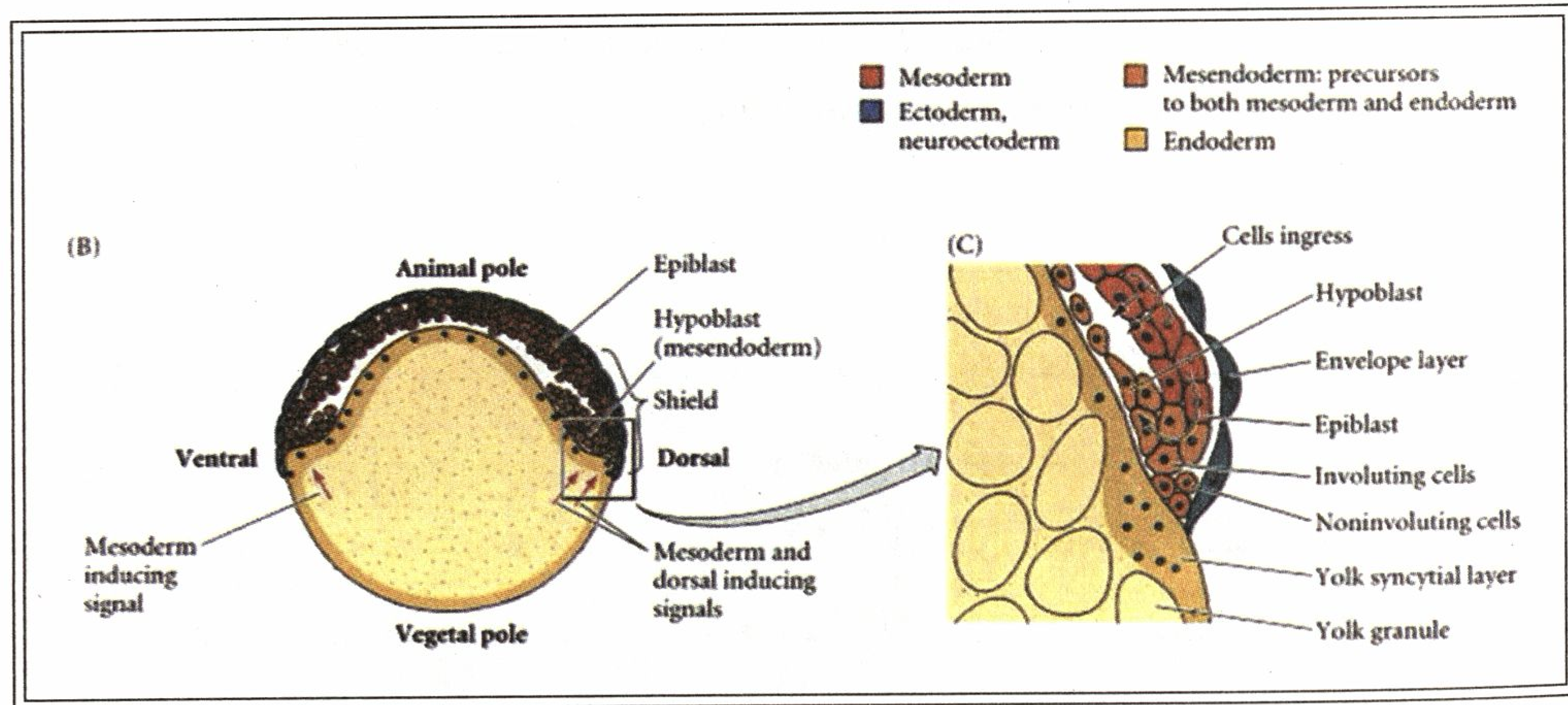
يسمي هذا التغلظ بالحلقة الجرثومية germ ring. وهي تتكون من طبقة سطحية أو علوية وتسمى الطبقة العلوية Epiblast وطبقة داخلية سفلية تسمى hypoblast هناك نظريات عديدة لكيفية تكوين الطبقة السفلية hypoblast. فبعض الدراسات تقول بأن الطبقة السفلية تكونت بواسطة الانطواء للداخل involution أي انطواء الخلايا السطحية للقرص الجرثومي للداخل متبوعة بهجرتها ناحية القطب الحيواني شكل (٦ : C ٨). في هذه النظرية نجد أن الانثناء يبدأ عند الخلايا التي ستعطي مستقبلاً المنطقة الظهرية لكنها تتم على طول الحافة.



شكل (٦ : ٨) حركة الخلايا خلال تكوين الجاسترولا في سمكة الزرد

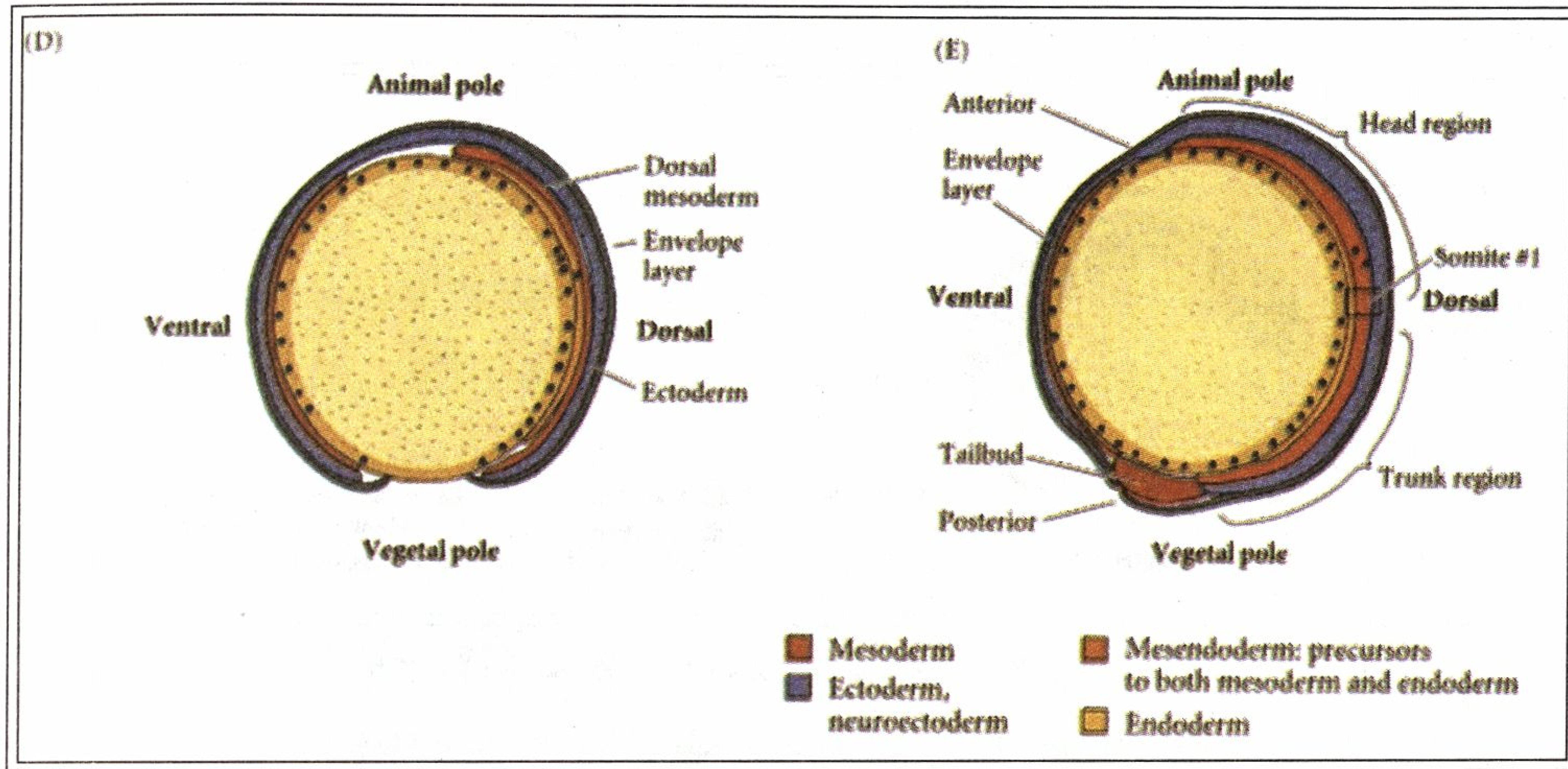
- شكل (A) البلاستودرم عند إكمال ٣٠٪ من التغطية وذلك بعد حوالي ٤,٧ ساعات من الاخصاب

المصدر: Gilbert, Scott f., 2003



- شكل (٦ : ٨) حركة الخلايا خلال تكوين الجاسترولا في سمكة الزرد.
- شكل (٦ : ٨) (B) تكون الطبقة لاسفلية أما بواسطة الانتكاس الخلوي أو بواسطة التغليف للقرص الجرثومي أو بواسطة فصل الصفائح ودخول الخلايا من الطبقة العلوية يظهر هذا بعد ٦ ساعات من الاخصاب.
- شكل (٦ : ٨) (C) انغلاق المنطقة الحافلية Marginal Region

المصدر: Gilbert, Scott f., 2003



- شكل (٦ : ٨) حركة الخلايا خلال تكوين الجاسترولا في سمكة الزرد.
- شكل (٦ : ٨) (D) عند إتمام ٩٠٪ من التغطية أي بعد مرور ٩ ساعات من الاخصاب يمكن رؤية الميزودرم محيطاً بالمح بين الاكتودرم والاندورم
- شكل (٦ . ٨) (E) اكتمال تكون الجاسترولا عن ١٠,٣ ساعة بعد الاخصاب

المصدر: Gilbert, Scott f., 2003

دراسات أخرى تقول إن الخلايا السطحية تدخل لتكون الطبقة السفلية. من الممكن أن تكون كلتا النظريتين صحيحة وتعملان في وقت واحد تبعاً لنوع الكائن.

عند تكون الطبقة السفلية نجد أن خلايا من كلا الطبقتين العلوية والسفلية تقحم نفسها في الجزء الذي سيعطي الطبقة الظهرية من الجنين لتكون جزءا سميكا يسمى Embryonic shield أو الترس الجنيني شكل (٦ : ٩).

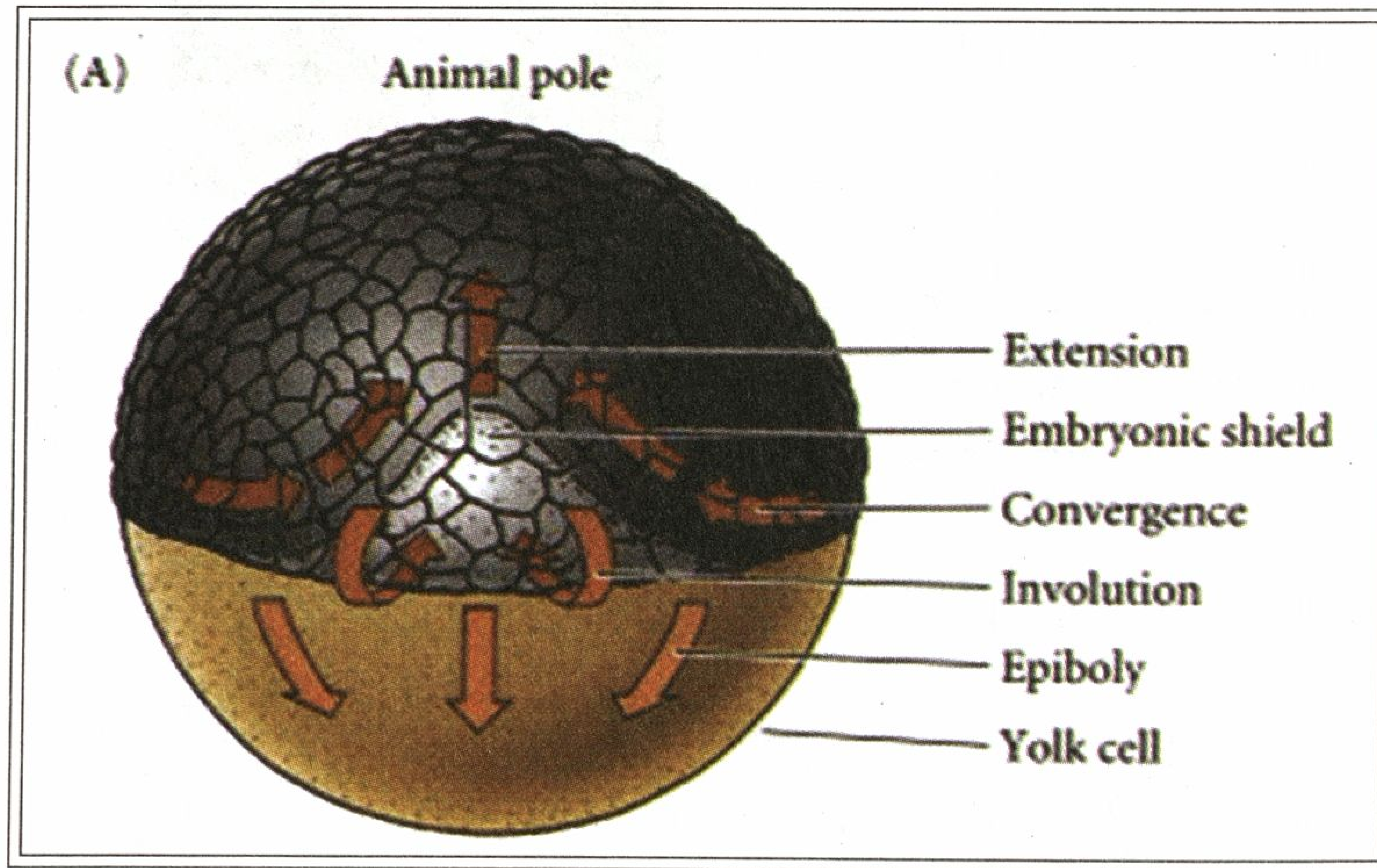
أثبتت الدراسات أن الترس الجنيني في أجنة الأسماك يلعب دورا مماثلا للدور الذي تلعبه الشفة الظهرية الموجودة في أجنة البرمائيات. حيث إن زراعة هذا الترس في جنين آخر يؤدي إلى تكون محور جنيني ثانوي شكل (٦ : ١٠).

أثناء قيام خلايا القرص الجرثومي بعملية التغطية حول المح فإنها أيضاً تنثني من عند الحواف وتتقارب المنطقة الأمامية والخلفية ناحية الترس الجنيني كذلك نجد أن خلايا الطبقة السفلية للترس الجنيني تتقارب وتتمدد باتجاه الأمام مكونة مضيقاً على طول الخط النصفي الظهري للقرص الجرثومي. هذه الحركة تكون ما يسمى بالميزودرم الحبلي

والذي notochord وهو الذي سيعطي فيما بعد الحبل الظهري Chorda mesoderm يكون واضحا بعد ٩ ساعات من الإخصاب شكل (٦ : ٩) بينما تكون الخلايا المحيطة بالميزودرم الحبلي Chordamesoderm ما يسمى بـ Paraxial mesoderm cells الخلايا الميزودرمية القريبة من المحور والتي تكون فيما بعد القطع الجسمية الميزودرمية المحورية mesodermal somites حيث يتم تكوين ١٨ قطعة جسمية بعد ١٨ ساعة من الإخصاب شكل (٦ : ٩). كما يكتمل تكوين الجاسترولا بعد ١٠ ساعات من الإخصاب.

يؤدي التقارب والتمدد المتلازمان واللذان يحدثان للقرص الجرثومي إلى تجميع جميع الخلايا التي سوف تعطي فيما بعد الخلايا العصبية في جميع أنحاء القرص الجرثومي إلى الخط الوسطي الظهري حيث تكون ما يسمى بالعارضة أو الصفيحة العصبية Neural keel. أما الخلايا الباقية في الطبقة العلوية فهي تكون طبقة الاكتودرم فيما بعد.

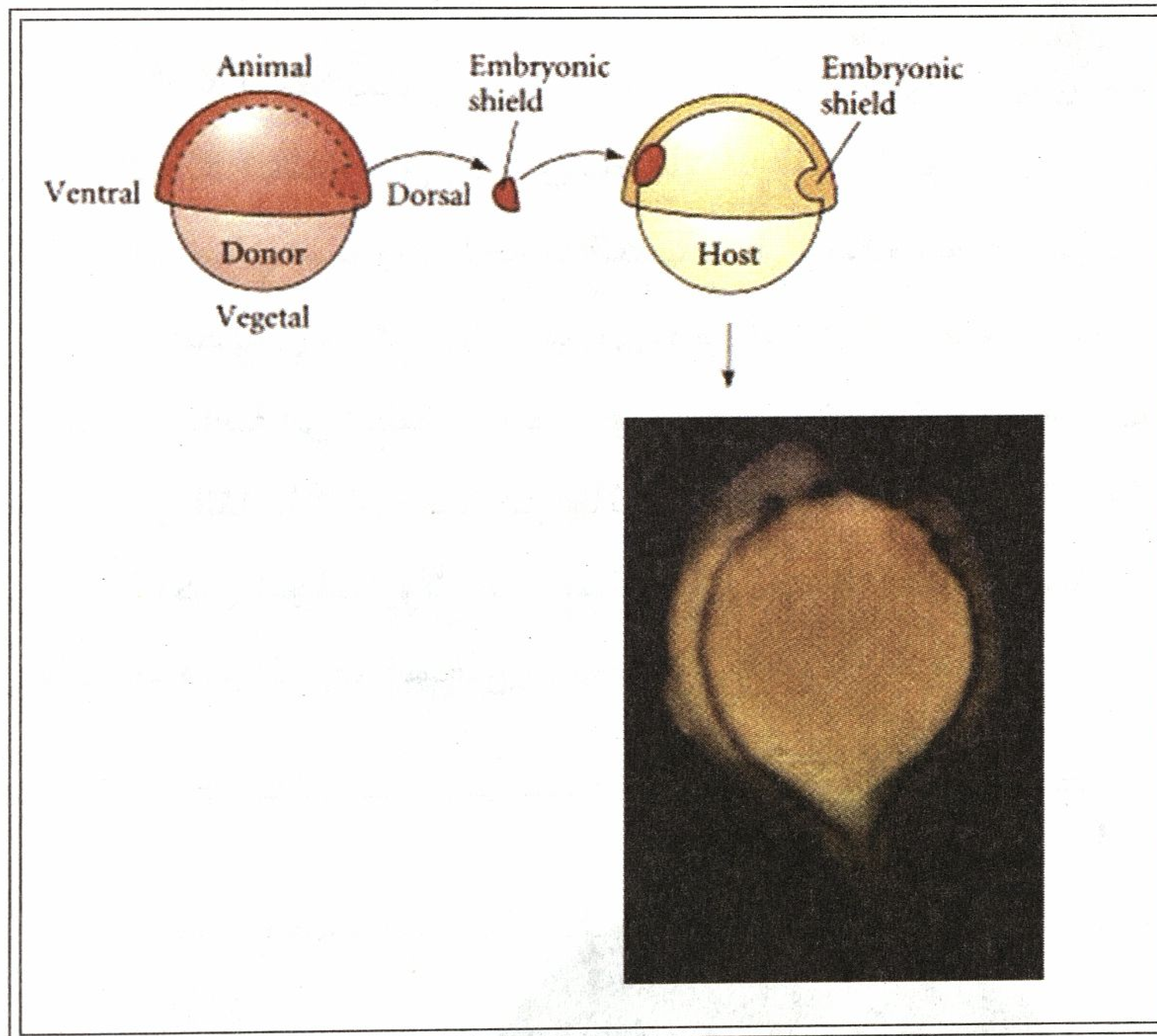
يتكون الأندودرم من الفلجات الموجدة في حافة البلاستولا. حيث إن هذه الفلجات تنتهي للداخل في بداية تكون الجاسترولا حيث تشغل الطبقات الداخلية العميقة من القرص الجرثومي بالضبط فوق الطبقة المخلوية المحية YSL.



شكل (٦ : ٩) تقارب وتمدد طور الجاسترولا في سمك الزرد

منظر ظهري لحركات التقارب والتمدد خلال عملية تكوين الجاسترولا في سمك الزرد. حيث أنه خلال عملية التغطية يغطي القرص الجرثومي المح. حيث تتكون الطبقة السفلية بانتكاس ودخول الخلايا والتقارب والتمدد يساعدان على أن تكون خلايا الطبقة العلوية والسفلية الترس الجنيني Embryonic Shield

المصدر: Gilbert, Scott f., 2003



شكل (٦ : ١٠) يعتبر الترس الجنيني في أجنة الأسماك من المنظمات الجنينية. تم غرس جزء من الترس الجنيني لجنين مصبوغ (الجنيني كان عبارة عن حوالي ١٠٠ خلية) في جنين مستقبل في نفس الطور (طور الجاسترولا المبكر) نتج عن ذلك تكون محورين جنينيين متحدين بالخلية البيضية للمستقبل.

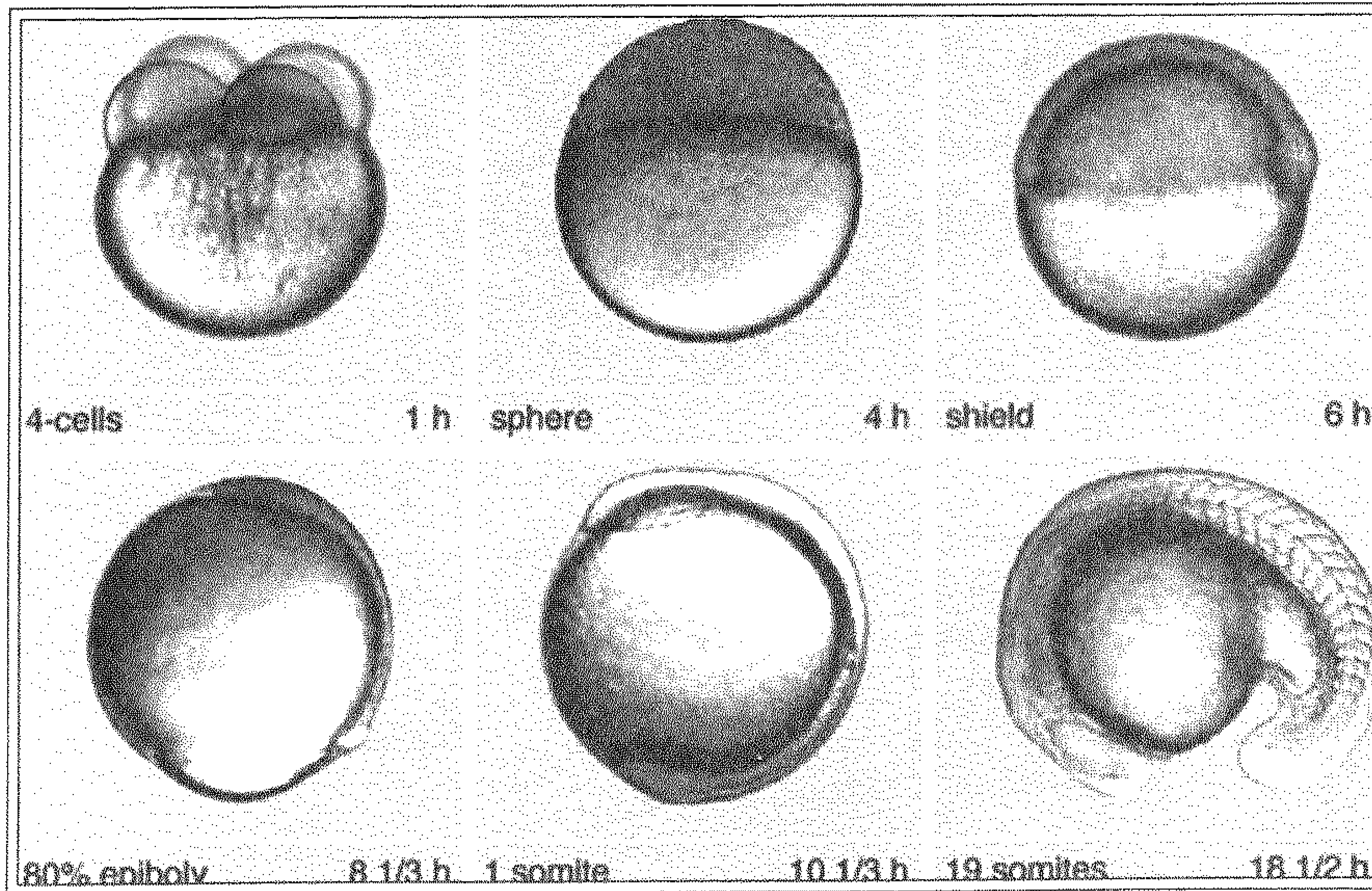
المصدر: Gilbert, Scott f., 2003

تكوين المحور في أجنة السمك Axis formation in fish embryos

تكوين المحور الظهري البطني: الترس الجنيني:
Dorsal-ventral axis formation: The embryonic shield

يلعب الترس الجنيني في أجنة الأسماك دوارا حيويا ومهماً في تحديد المحور الظهري البطني في أجنة الأسماك. حيث إن بإمكانه تغير أماكن كل من الميزودرم الظهري الجانبي (الذي يعطي الدم والأنسجة الضامة) والميزودرم الظهري (الذي يعطي الحبل الظهري والقطع الجسمية) كما أنه يمكن أن يحفز الاكتودرم ليصبح نسيج عصبي بدلاً من طلائي. وقد تم إثبات ذلك بدراسات عديدة حيث تم غرس الترس الجنيني لجاسترولا معينة في الجهة البطنية لجاسترولا أخرى (شكل ٦ : ١٠) نتج عن ذلك تكون محورين في داخل خلية محية واحدة. تكونت صفيحة الحبل الظهري من الغرس بينما باقي الأعضاء التي ارتبطت بالمحور الثاني تكونت من الجاسترولا التي تم بها الغرس (المضيفة) حيث تم استعمال الأنسجة التي كان يجب أن تكون الأعضاء البطنية.

في تجارب أخرى تم نزع الترس الجنيني وترك الجنين ليكمل نموه فلم تتكون أي تراكيب ظهرية ولم يتكون جهاز عصبي.



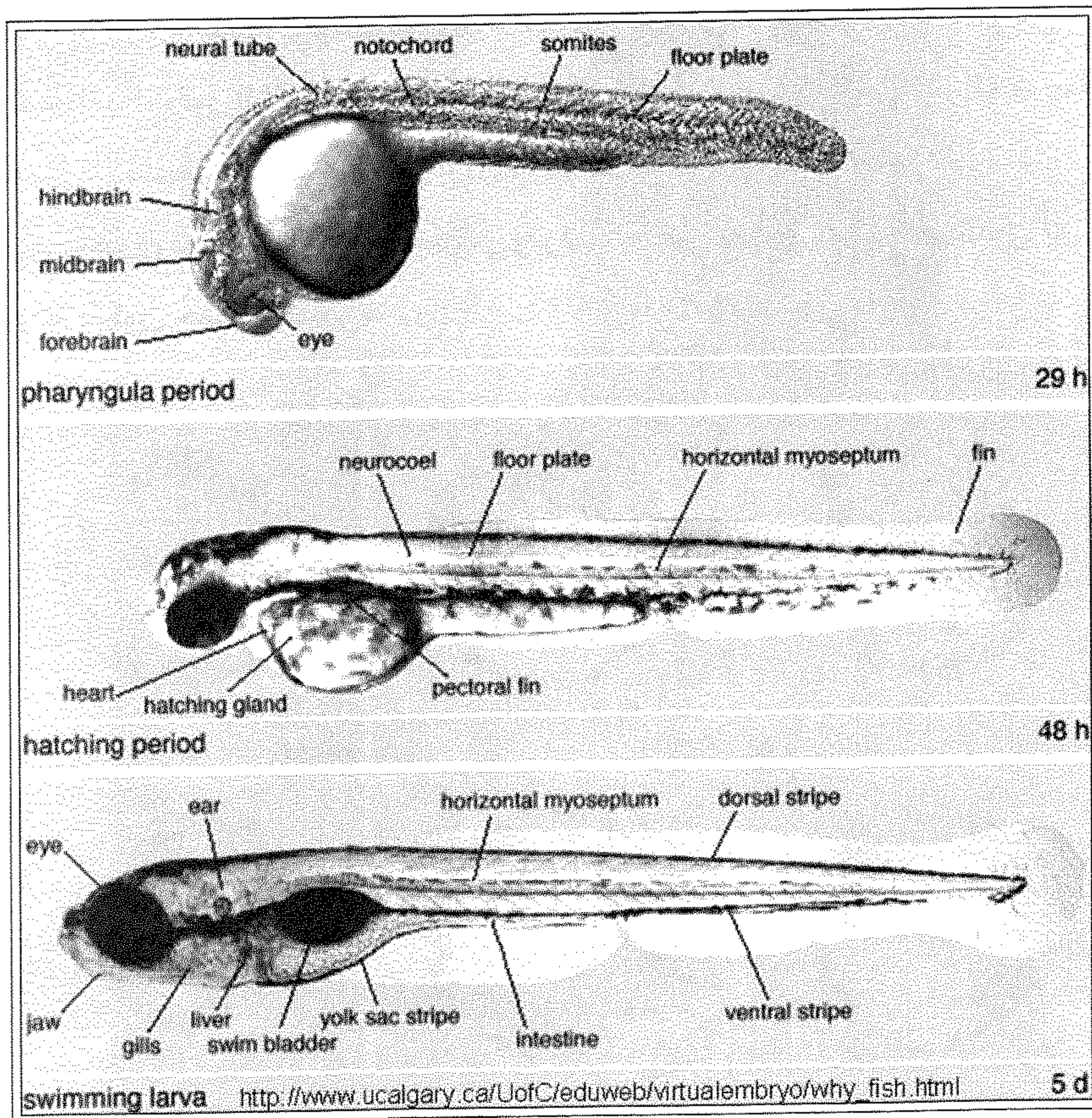
شكل (٦ : ١١) يبين تكوين سمك الزرد في الـ ١٨ ساعة الأولى بعد الاخصاب

المصدر: Haffter et. al., 1996

ونجد أن هناك تشابه شديد بين هذه التجارب والتجارب التي أجريت على جاسترولا البرمائيات بواسطة العالمان وقد أثبتا أن الترس الجنيني في الأسماك مكافئ للشفة الظهرية في البرمائيات حيث يعتبر كلا منهما من المنظمات الجنينية النسجية Organizer.

تكوين الأعضاء في الأسماك يتم بنفس طريقة تكوينها في البرمائيات لذلك لن يتم شرحها في هذا الباب بل سيتم شرحها في الأبواب القادمة في التكوين الجنيني المبكر للبرمائيات.

وبالنظر للشكلين (٦: ١١) و(٦: ١٢) يستطيع المرء الإلمام بالتكوين الجنيني لسمة الزرد من بداية التفلجات وحتى اليوم الخامس بعد الاخصاب.



شكل (٦ : ١٢) يبين تكوين سمك الزرد بعد الـ ٢٤ ساعة الأولى بعد الاخصاب وحتى اليوم الخامس بعد الاخصاب

المصدر: Haffter et. al., 1996

7

الباب السابع

التكوين الجنيني المبكر في البرمائيات

EARLY DEVELOPMENT IN AMPHIBIAN

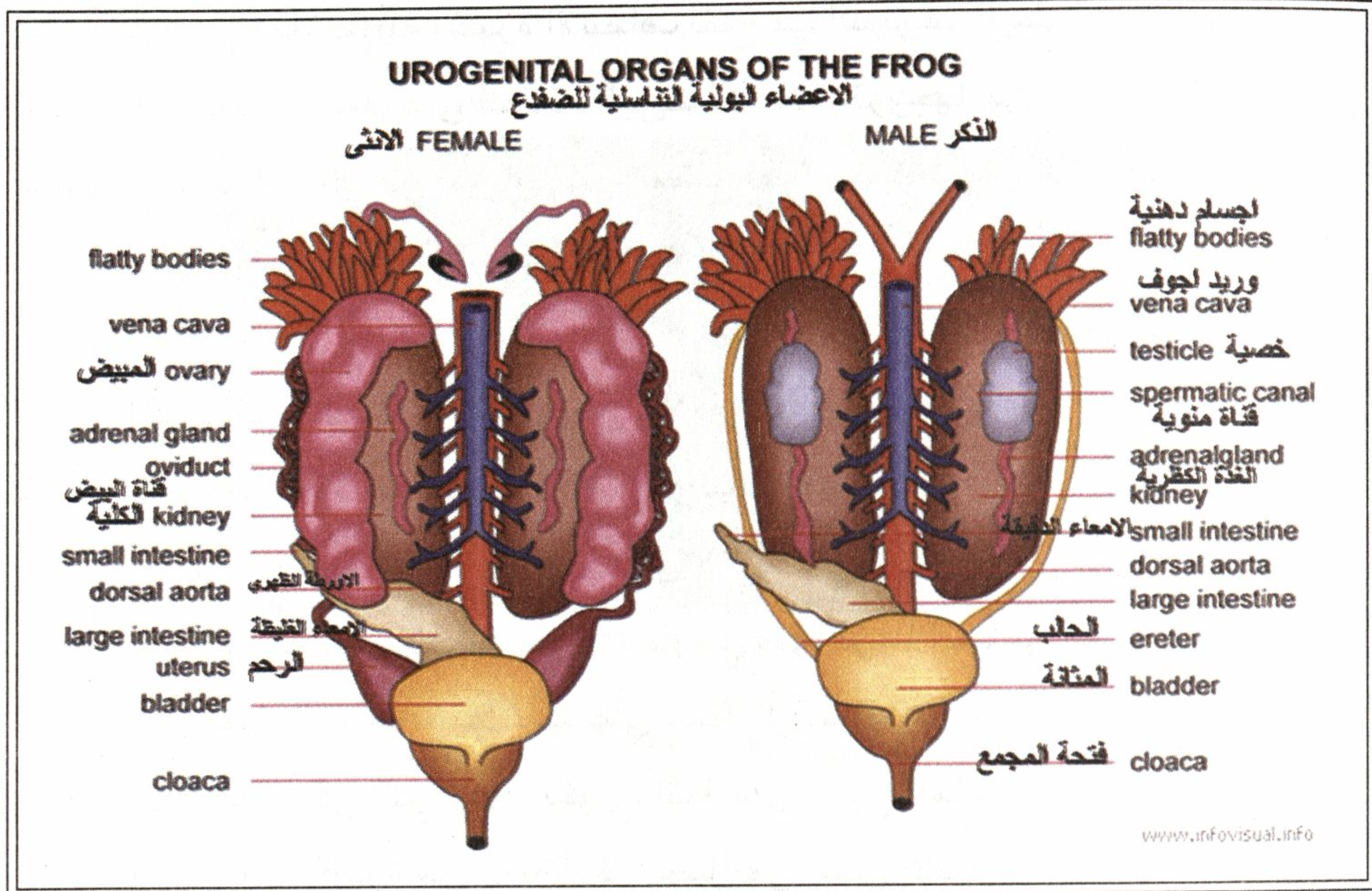
- تمهيد
- الجهاز التناسلي وتكوين الأمشاج
- الإخصاب
- التفلج
- البلاستولا
- تكوين الجاسترولا
- تكوين الأعضاء الرئيسية:
  - أ. الطبقة الخارجية (الاكتودرم) ومشتقاتها.
  - ب. صفيحة الحبل الظهري.
  - ج. الطبقة الوسطى (الميزودرم) ومشتقاتها.
  - د. الطبقة الداخلية (الاندودرم) ومشتقاتها.
  - هـ. التحول الشكلي.

تعتبر طائفة البرمائيات سواء منها البرمائيات الذيلية مثل السلمندر أو البرمائيات اللاذية مثل الضفدعة أحد النماذج الرئيسية والأساسية في دراسة التكوين الجنيني وذلك لعدة أسباب من أهمها أن لهذه الحيوانات نمطين من الحياة فعند تكوينها الجنيني اليرقي تعيش في الماء وتتنفس الأكسجين بواسطة الخياشيم وهى بذلك تمثل الحالة في الأسماك وهي الطائفة التي تسبقها في سلم التصنيف ثم عند اكتمال تكوينها تختفي الخياشيم ويتنفس الحيوان بواسطة الرئتين كما في حالة الفقاريات اللاحقة لها في سلم التصنيف، ويسهل على الدارسين للتكوين الجنيني لهذه الطائفة الحصول على البويضات والأطوار الجنينية المبكرة مما يمكن الباحث التعرف على تكوينها الجنيني بسهولة. وسنتطرق في هذا الباب إلى طائفة البرمائيات من حيث الجهاز التناسلي وتكوين الأمشاج وكذلك الإخصاب والتفلج. ونأخذ الضفادع كنموذج للدراسة الكاملة لهذه الطائفة من حيث تكوين الأعضاء.

الجهاز التناسلي وتكوين الأمشاج:

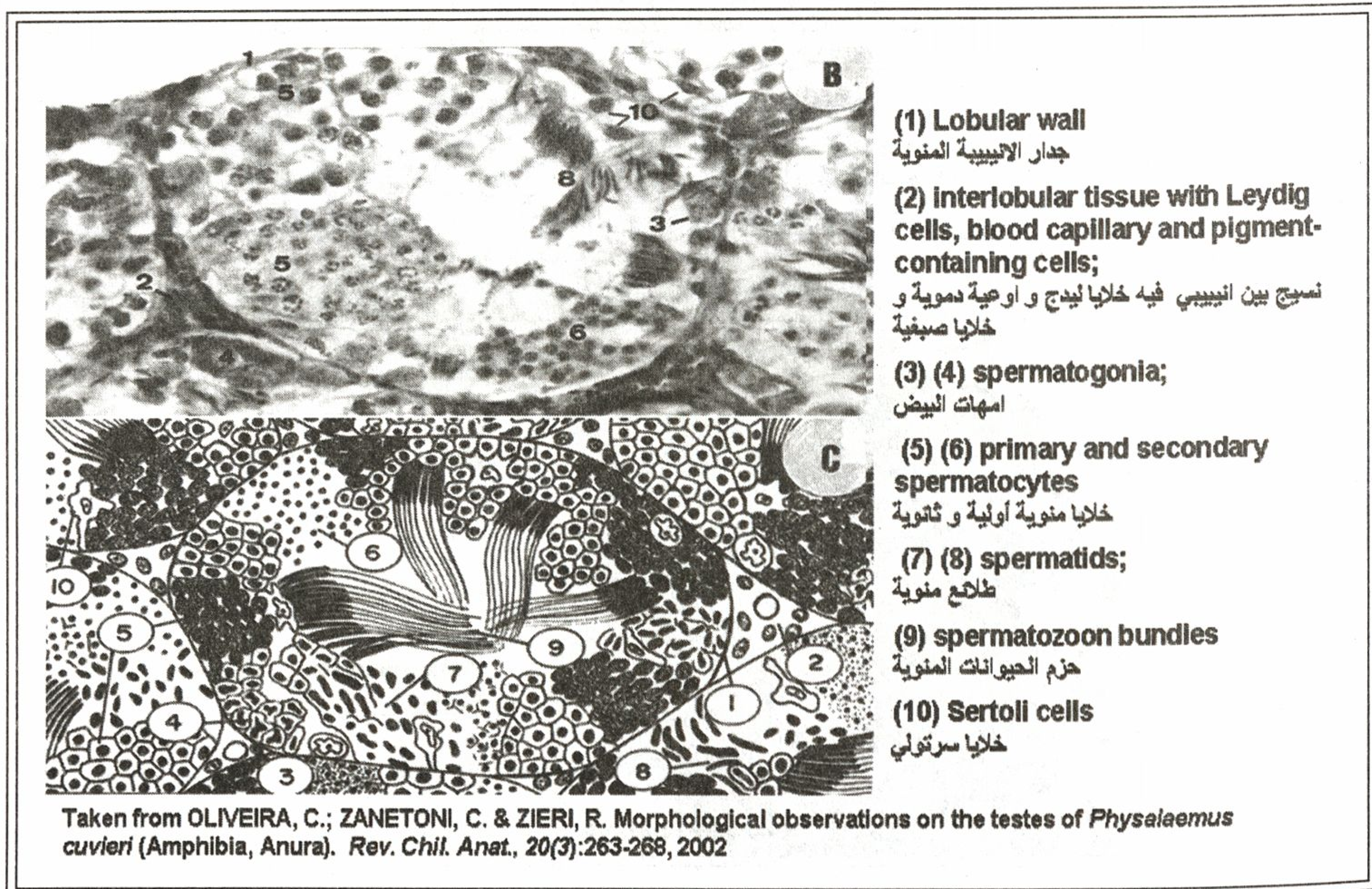
يتكون الجهاز التناسلي في ذكر الضفدع من خصيتين في كل خصية انيبيبات منوية تتكون فيها الحيوانات المنوية (شكل ٧:١) وتحتوي كل أنيبية منوية على خلايا منوية في مراحل مختلفة وتوجد كل مجموعة من الخلايا المتشابهة في حويصلة داخل هذه الأنيبية المنوية (شكل ٧ : ٢) وتخرج الحيوانات المنوية المتكون إلى الكلية، عن طريق الأوعية الصادرة، ومنها إلى المجرى البولي التناسلي إلى أن تصل إلى الحويصلة المنوية حيث تختزن فيها ويتميز الحيوان المنوي برأسه البيضاوى المستطيل وذيله الطويل جداً.

يتكون الجهاز التناسلي في أنثى الضفدع من مبيضين، في كل مبيض عدد كبير من الفصوص تتكون فيها البويضات (شكل ٧ : ١، شكل ٧ : ٣) ويحتوي كل فص على خلايا بيضية في مراحل مختلفة، منها الناضجة وتظهر أكثر قتامة والنامية وهي أقل قتامة لقلة وجود الحبيبات الصبغية وكذلك يمكن ملاحظة خلايا صغيرة هي أمهات البيض. يخرج البيض من المبيض إلى قناة البيض.



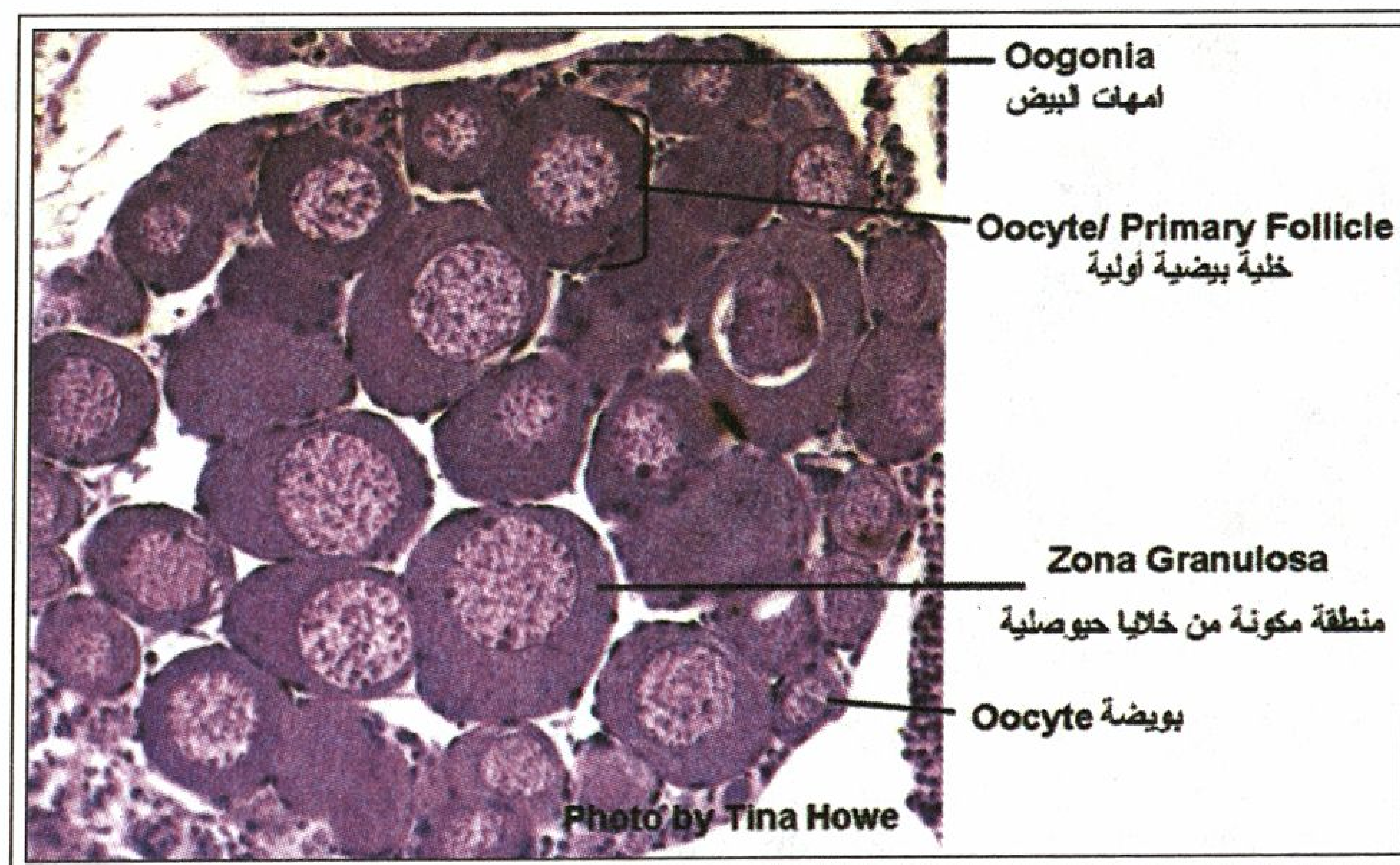
شكل (٧ : ١) يبين أعضاء الجهاز التناسلي البولي في كل من ذكر وأنثى الضفدع

المصدر: www.infovisual.info



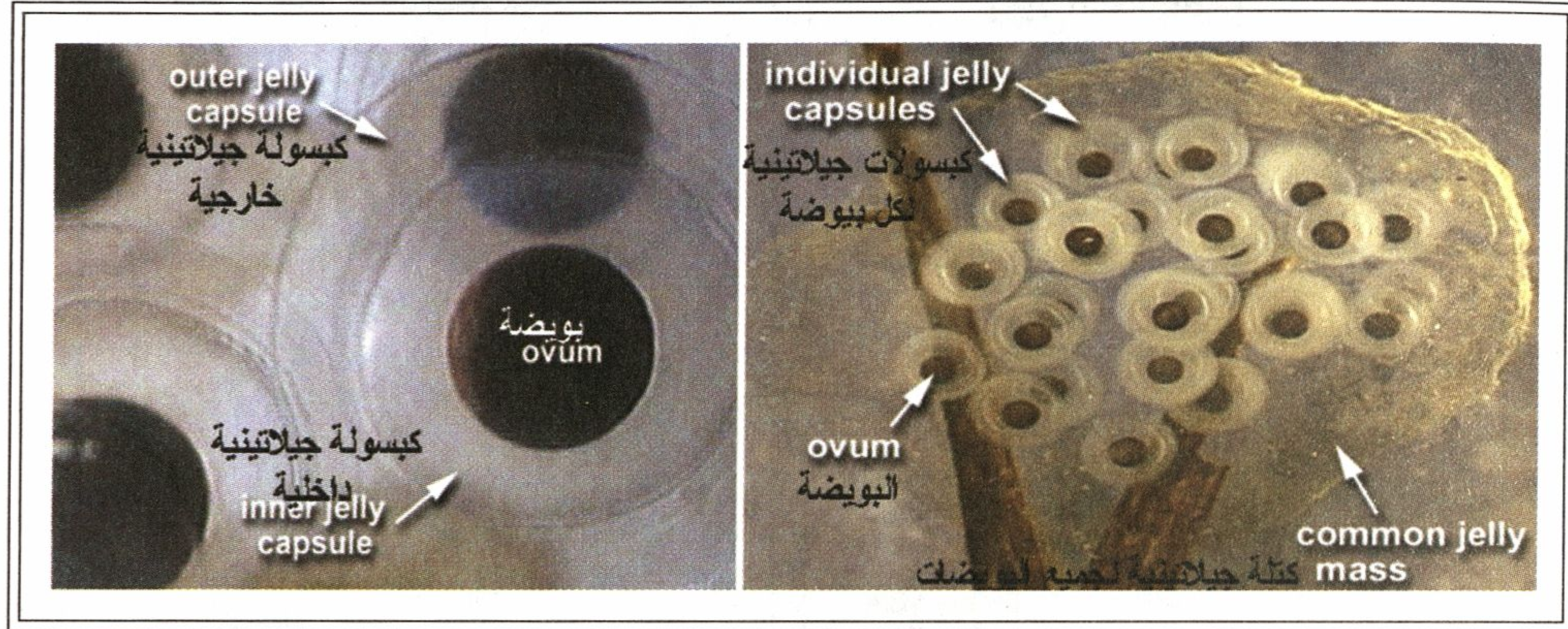
شكل (٧ : ٢) يبين قطاع نسيجي في الأنيبيبة المنوية الموجودة في خصية الضفدع

وهى عبارة عن قناة طويلة وكثيرة الالتفاف تفتح في التجويف البطني، وفتحتها الأمامية قمعية ذات أهداب تعمل على التقاط البويضات عند خروجها من المبيض وخلال مرور البويضات في قناة البيض يتم انقسام النضج الأول حيث تتكون الخلية القطبية الأولى first polar body والخلية البيضية الثانوية secondary oocyte والتي تستعد لانقسام النضج الثاني غير أن ذلك لا يتم إلا بعد اختراق الحيوان المنوى لها، وفي نفس الوقت فإن الجزء الغدي لقناة البيض يغلف البيض بثلاثة أغشية جيلاتينية يكون الأول منها محيطاً بكل بويضة على حدة أما الغلاف الثاني والثالث فيحيطان بكل البيض ليكونا شريطاً بداخله البيض الواحدة تلى الأخرى (شكل ٧:٤). في بعض الأنواع من الضفادع تحاط كل بيضة بثلاثة أغلفة جلاتينية يكون الخارجي منها لزجاً ليساعد البيض على أن يكون كتلة واحدة وتعمل المادة الجيلاتينية على حفظ البيض بعيداً عن ضرر الكائنات الدقيقة والكبيرة وكذلك تمكن البيض أن يكون دائما على سطح الماء مما يساعد على تهويته. تضع الأنثى كميات كبيرة من البيض قد تصل في بعض الأنواع إلى عشرة آلاف بيضة، والبويضة التي تخرج إلى الماء يصل قطرها حوالى ٢مم وتصنف بأنها بويضة متوسطة المح من حيث الكمية وذيلية المح من حيث التوزيع وتقع النواة جهة القطب الحيواني المميز باللون الأسود الداكن وذلك لوجود الحبيبات الصبغية السوداء بكمية كبيرة في سيتوبلازم البويضة العلوي (شكل ٧:٤) ومعروف طبيعياً أن اللون الأسود له قدرة كبيرة على امتصاص أشعة الشمس وفي حالة بويضات الضفادع فإن ذلك يساعدها على رفع حرارتها في المياه الباردة ويسرع من عملية التفلج.



شكل (٧ : ٣) يوضح قطاع عرضي في مبيض الضفدع

المصدر: www.trentu.ca

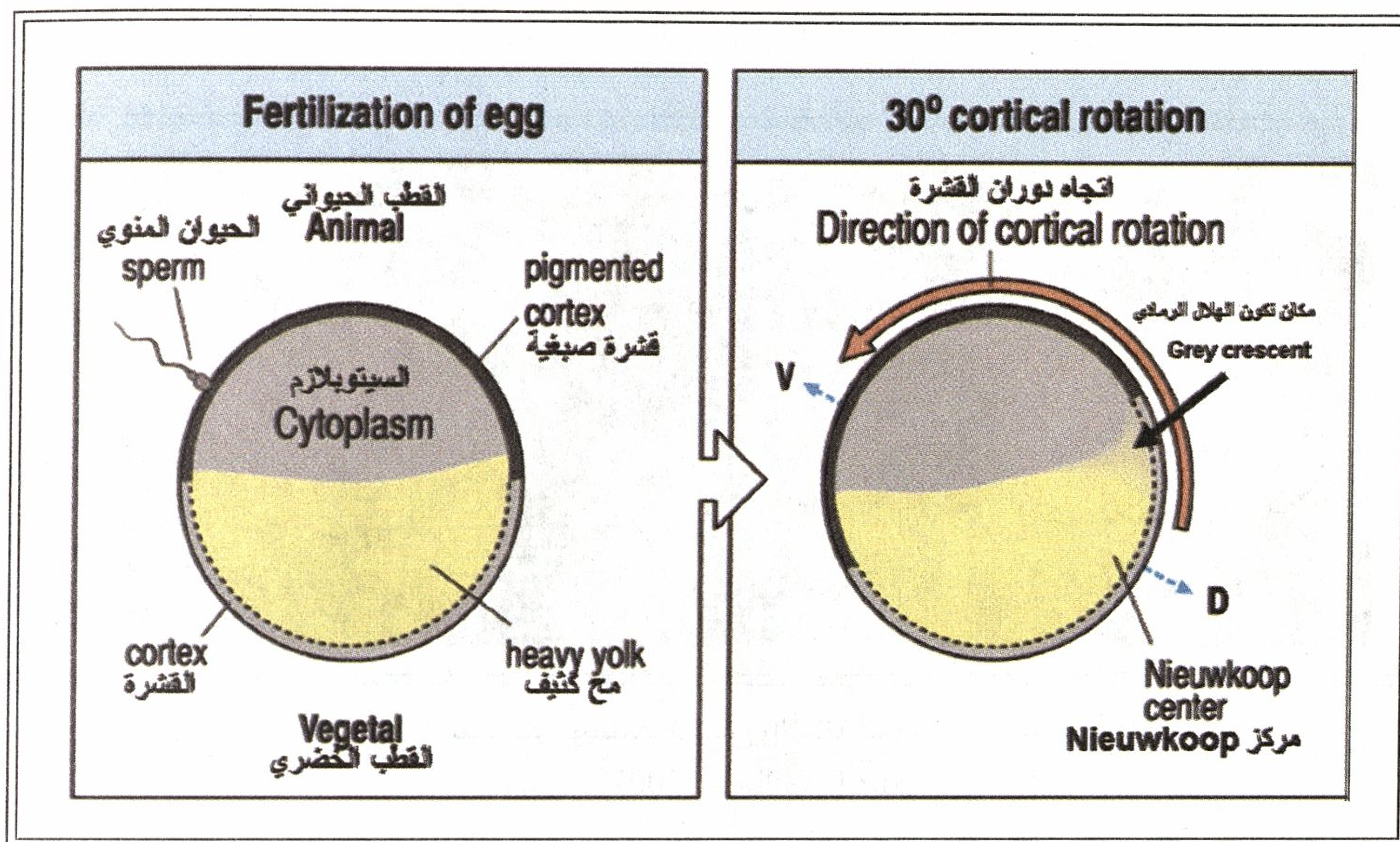


شكل (٧ : ٤) يبين شكل بويضات الضفدع والأغلفة الجيلاتينية المحيطة بها
المصدر: Scott F. Gilbert (2007)

الإخصاب:

بالنسبة للضفدعة يمتطي الذكر ظهر الأنثى خلال فترة (فصل) التزاوج ويمسكها بقوة بواسطة أرجله الأمامية وعند خروج البيض إلى الوسط المائي فإن الذكر يقذف حيواناته المنوية عليه فيتم إخصاب كل بويضة بحيوان منوي. يتسبب دخول الحيوان المنوي سحب الصبغة السطحية ـ لمنطقة دخوله في القطب الحيواني ـ معه لذلك تتدفق بعض الحبيبات الصبغية من مناطق أخرى من البويضة وخاصة المنطقة المقابلة (المواجهة) لمنطقة دخول الحيوان المنوي فتظهر هذه المنطقة فاتحة اللون وعلى شكل هلال يعرف بالهلال الرمادي gray crescent ومعروف في الأجنة التجريبي أن لهذه المنطقة (منطقة الهلال الرمادي) دورا كبيرا في عملية الحث الجنيني حيث إنها هي التي تعطى تكوين الشفة الظهرية dorsal lip التي تعد إحدى المنظمات الجنينية (شكل ٥:٧).

الوضع الطبيعي لقطب البويضة الحيواني أن يكون إلى أعلى وكنتيجة لدخول الحيوان المنوي فإن البويضة تفرز سائلاً يملأ الفراغ الموجود بينها وبين الغشاء المحى وعند دوران البويضة في داخل الغلاف فإنها دائماً تتخذ وضعها الطبيعي السابق الذكر وهذا الوضع هو الذي يسمح بنمو البويضة نموا طبيعياً normal development ويعقب ذلك تحرك نواة الحيوان المنوي نحو نواة البويضة حيث يتم الاندماج بينهما.



شكل (٧ : ٥) يبين تكون الهلال الرمادي بعد دخول الحيوان المنوي

المصدر: Woipert L. et. al., (2003)

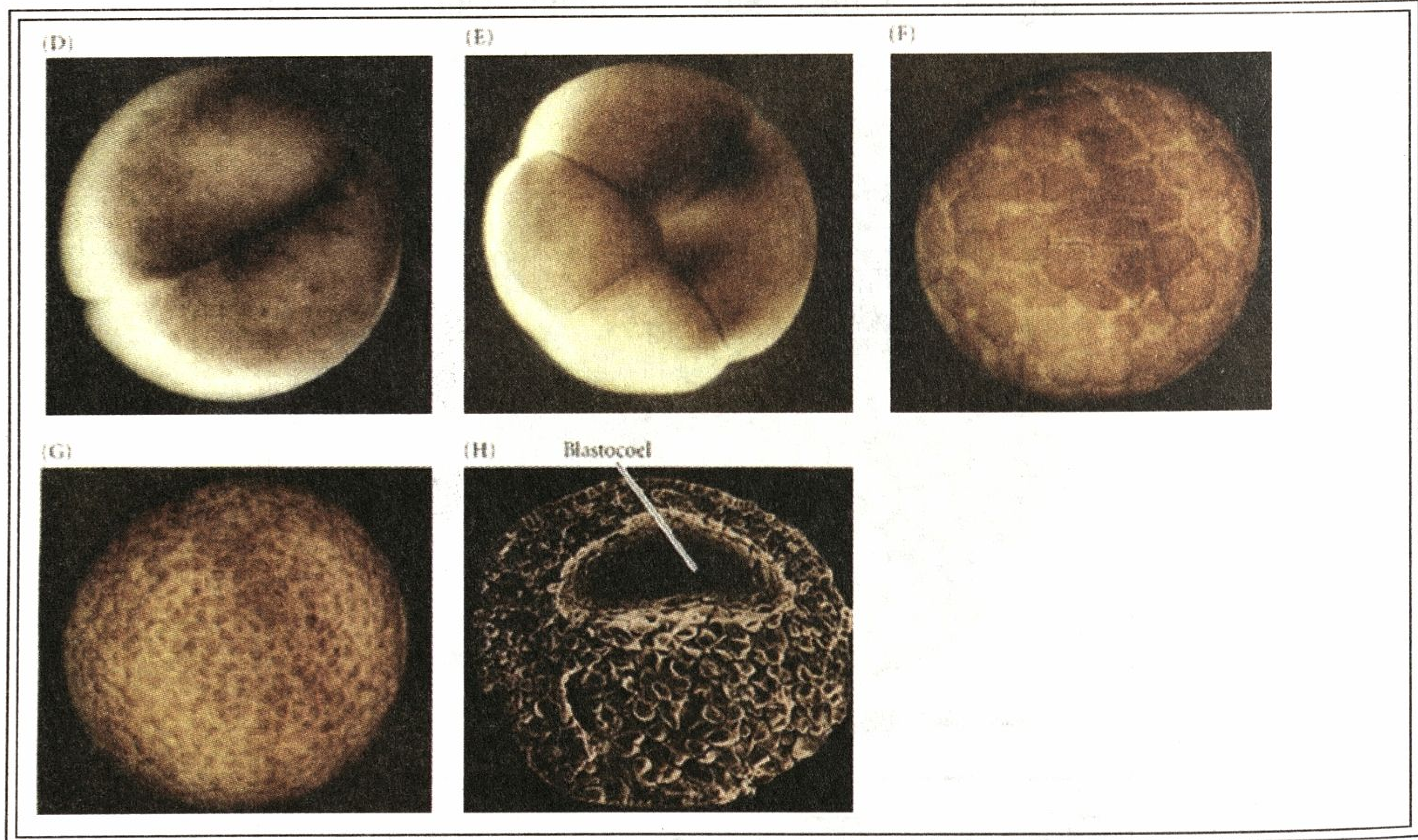
التفلج:

القطب الحيواني في الضفدعة هو مكان سكني النواة والقطب الخضري هو مكان تركز المح ويكون الأول ممثلا للنصف العلوي للبويضة بينما الآخر يمثل النصف السفلي لها. يبدأ التفلج الأول في نصف البويضة العلوي بعد حوالي ساعة من عملية الإخصاب قد تطول أو تقصر حسب درجة حرارة الماء - ويتحرك ببطء إلى أسفل حيث يواجه بالمح في القطب الخضري لذلك فإن التفلج الثاني يبدأ قبل أن يكتمل التفلج الأول وهو تفلج طولي (رأسي) ويكون عمودي على التفلج الأول وبالرغم من ذلك (وجود الإعاقة المحية للتفلج) فإن كل من التفلج الأول والثاني يعتبران كاملين، ثم يبدأ التفلج الثالث بمستوى أفقي على المستويين السابقين ويكون أيضا كامل إلا أنه غير متساوي بمعنى أنه لا يقسم الجنين (الأربع فلجات السابقة) إلى نصفين متساويين بل إنه يرتفع إلى أعلى قليلاً عن المحور الأفقى وحيث تقل كمية المح مما يسهل انقسامها وينتج عنه خلايا حيوانية أكثر عدداً وأصغر حجماً وخلايا خضرية أكبر حجماً وأقل عدداً (شكل ٦:٧) ثم تحدث التفلجات التالية لذلك على نسق مشابه لما مضى شرحه وبناءً عليه فإن مساحة النصف الحيواني

تكون أصغر عنها في القطب الخضري وتتشكل بذلك كما ذكرنا خلايا صغيرة في النصف الحيواني وخلايا كبيرة في النصف الخضري وتعطي في النهاية مجموعة الخلايا تكوين الشكل الكروي التوتي وتعرف هذه المرحلة بمرحلة التوتية (لشبهها بثمرة التوت) morula stage (شكل٧ : ٦)

البلاستولا Blastula

يمكن وصف بلاستولا الضفدعة بأنها عبارة عن كرة من الخلايا ذات تجويف يعرف بتجويف البلاستولا حيث يحتل هذا التجويف الجهة العلوية (٧: ٦، ٧:٧) وتتميز البلاستولا بمرحلتين مرحلة مبكرة early stage يكون فيها عدد الخلايا أقل غير أنها كبيرة في الحجم بعكس المرحلة المتأخرة late stage والتي يكون فيها عدد الخلايا أكثر ولكنها صغيرة الحجم وفي كلا المرحلتين يمكن ملاحظة أن سقف البلاستولا يتكون من ثلاثة طبقات غنية بالحبيبات الصبغية pigmented granules وتمتد هذه الخلايا إلى منتصف البلاستولا أما الجزء المتبقي من الخلايا فإنها خالية من تلك الحبيبات الصبغية ومليئة

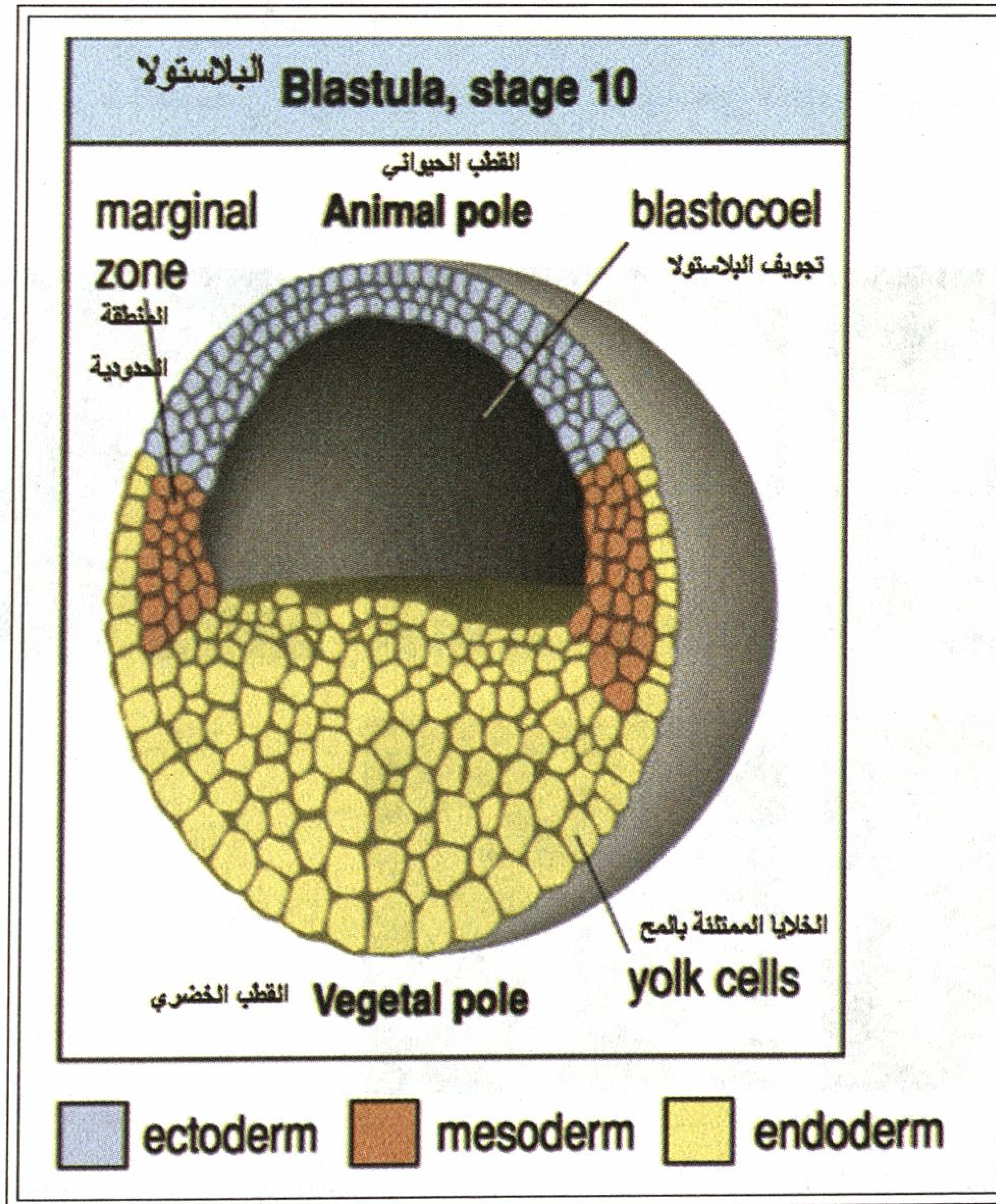


شكل (٧ : ٦) يبين التفلجات في جنين الضفدع (D) طور الفلجتين (E) طور الأربع فلجات (F) التوتية (G) البلاستولا من الخارج (H) قطاع في البلاستولا يظهر فيه تجويف البلاستولا

المصدر: www.ncbi.nim.nih.gov

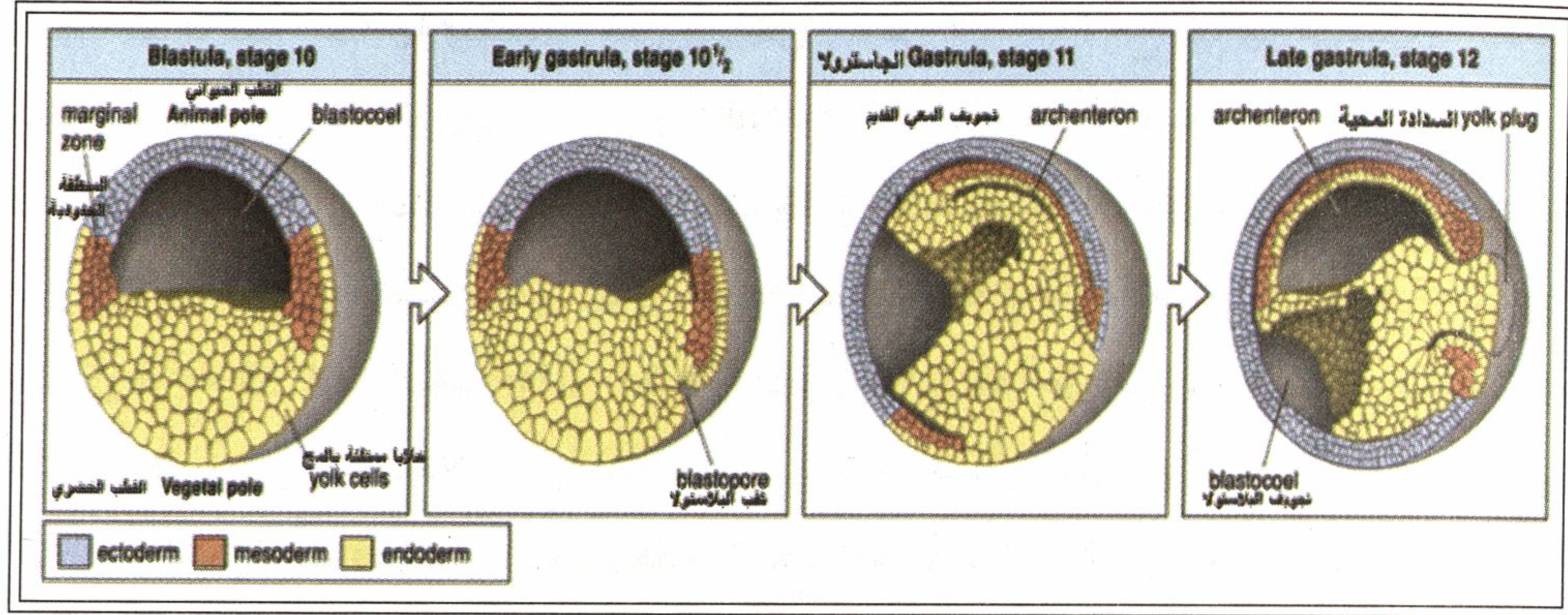
بكميات كبيرة من المح لذلك فإن الخلايا الحيوانية (العلوية) والتي تعرف باسم الفلجات الصغيرة microblastomeres تنشط أكثر وتتوالى فيها انقسامات كثيرة ويؤدي هذا إلى تضاعف عدد الخلايا الموجودة في تلك المنطقة على عكس الخلايا الخضرية (السفلية) والتي تعرف باسم الفلجات الكبيرة macroblastomeres وتتباطأ فيها عملية الانقسام وتتحرك الخلايا في منطقة القطب الحيواني ناحية المحور الأفقي في نصف البلاستولا وعند دراسة قطاعات عرضية للبلاستولا يتبين أن سقف البلاستولا رقيق إذا ما قورن بمنطقة المحور الأفقي.

تكون الخلايا الخارجية للبلاستولا مرتبطة مع بعضها البعض ارتباطاً جيداً لوجود مادة لاصقة، بينما ذلك لايكون موجودا في الخلايا الداخلية وفي نفس الوقت فإن الخلايا الخارجية تتميز بوجود أهداب تجعلها في حركة دوران دائمة داخل تجويف الغشاء حول المحى.



شكل (٧ : ٧) يبين قطاع في بلاستولا الضفدع

المصدر: Woipert L. et. al., (2003)



شكل (٧ : ٨ أ) يبين تكوين الجاسترولا في جنين الضفدع

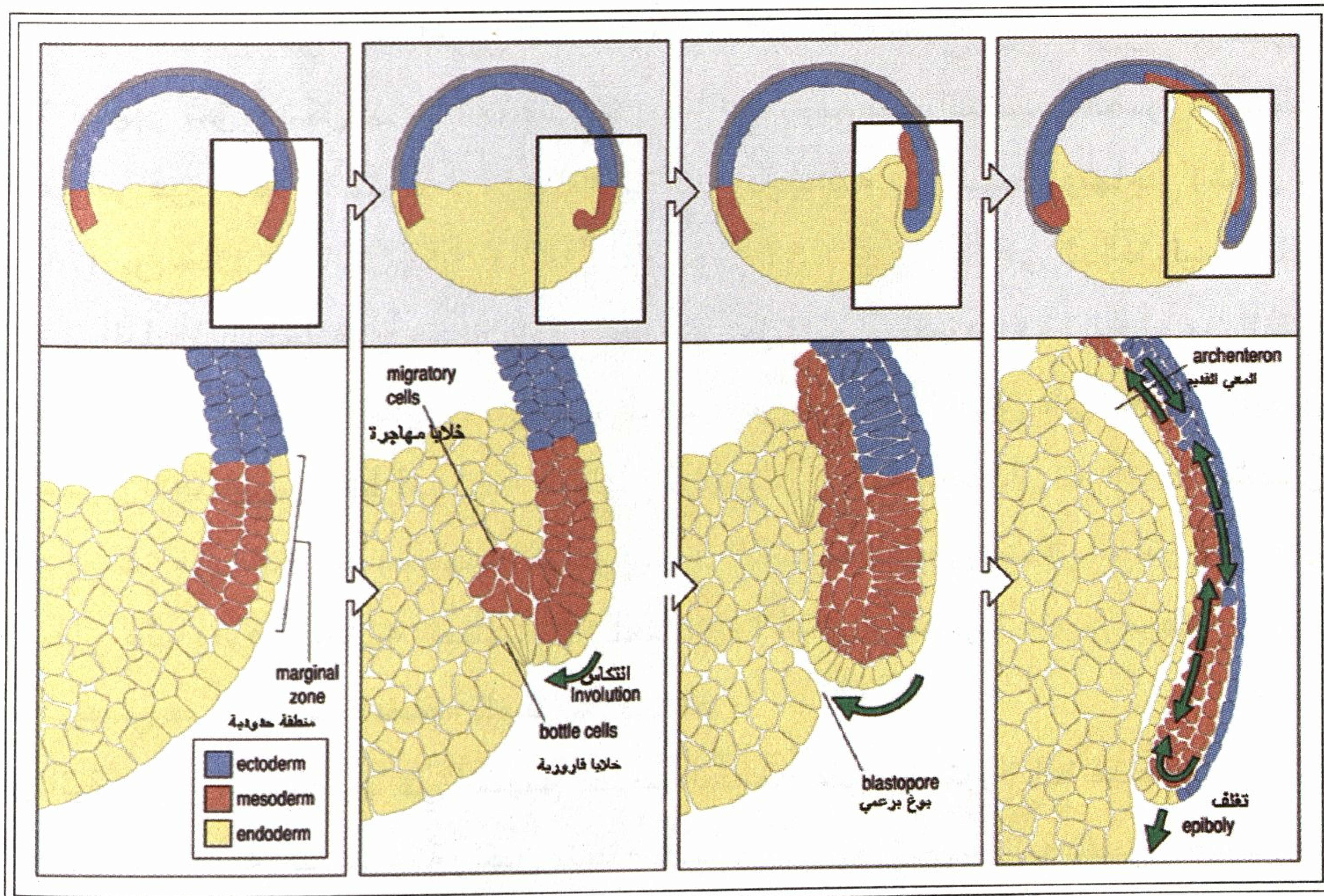
المصدر: Woipert L. et. al., (2003)

تكوين الجاسترولا Gastrulation

كما أن التفلج وتكوين البلاستولا متأثر بكمية المح وتوزيعه في بويضة الضفدعة، مقارنة ببويضة السهيم، فإن تأثيرة يكون ملاحظا في تكوين الجاسترولا أيضا حيث تصبح الخلايا الخضرية في نهاية تكوين البلاستولا محملة ومثقلة بالمح. يبدأ تكوين الجاسترولا أولا بظهور شق (شكل ٧ :٨أ) يأخذ شكل lip في موقع بين القطب الخضري والقطب الحيواني فوق خط الاستواء حيث تتجه الخلايا الحيوانية من السطح وتهاجر (شكل ٧: ٨ ب) من خلال فم البلاستولا (الثقب الجرثومي) blastopore إلى الداخل ليبدأ منها تكوين الطبقة الداخلية، يأخذ الشق في البداية شكل القوس ويعرف هذا الجزء من الثقب الجرثومي باسم الشفة الظهرية dorsal lip ويستمر انغماد هذا الشق على الجانبين ليكون الشفتين الجانبيتين Lateral lips معطيا بذلك شكل حدوة الحصان ثم تلتحم الشفتان الجانبيتان من أسفل مع بعضهما البعض ويأخذ الثقب الجرثومي الشكل الدائري والجزء السفلي منه يعرف بالشفة البطنية ventral lip (شكل ٧ : ٨ ب) وتعين منطقة الثقب الجرثومي هذه النهاية الخلفية للجنين.

إن آلية تكوين الجاسترولا في السهيم يصعب تطبيقة على جاسترولا الضفدعة وذلك لأن الخلايا الخضرية أشد سماكة وتكون متخنة بالمادة المحية. تتجسد آلية تكوين الجاسترولا هنا وترتبط بانتقال الخلايا وتحركها وانغمادها إلى الداخل من خلال الثقب الجرثومي، وبتتبع آلية تكوين الثقب نفسه فإننا نلاحظ أن الخلايا التي جهة الشفة الظهرية تتخذ وضعا

بحيث تمتد فيه أعناقها وتتطاول إلى الداخل (شكل ٧ : ٨ أ) مع بقائها متصلة بالسطح الخارجي وهي بذلك تكوّن شكلا قاروريا bottle cells، يعتقد أن سببه هو وجود قوة سحب داخلية لهذه الخلايا مما يتسبب عنه سحب خلايا الطبقة الخارجية، وبسحب هذه الخلايا فإن الشفة الظهرية تظهر على شكل جيب للداخل مما يجعل الخلايا الحيوانية تتحرك لتدخل من خلال هذا الثقب، وأول الخلايا انطواءا إلى الداخل هي الخلايا التي تكون جهة الشفة الظهرية وهذه الخلايا هي التي ستعطي تكوين الحبل الظهري (شكل ٧ : ٨أ) وبزحف الخلايا السابقة عن مكانها تحتل مكانها خلايا أخرى بطريقة تتبعية وبدونها تنطوي إلى الداخل أيضا وقد استخدمت طريقة الأصباغ الحيوية vital stain لتتبع عملية التكوين هنا وما ستعطيه تلك الخلايا المنطوية. يأخذ تجويف الجاسترولا في البداية شكل الشق الصغير (شكل ٧ : ٨أ) سرعان ما يزداد حجمه ويتسع على حساب تلاشي واختفاء تجويف البلاستولا حتى يحتل تجويف الجاسترولا نصف الجاسترولا العلوي ويختفي تماما تجويف البلاستولا، وعند تمام تكوين الثقب الجرثومي فإن هذه المنطقة تكون مليئة بالخلايا



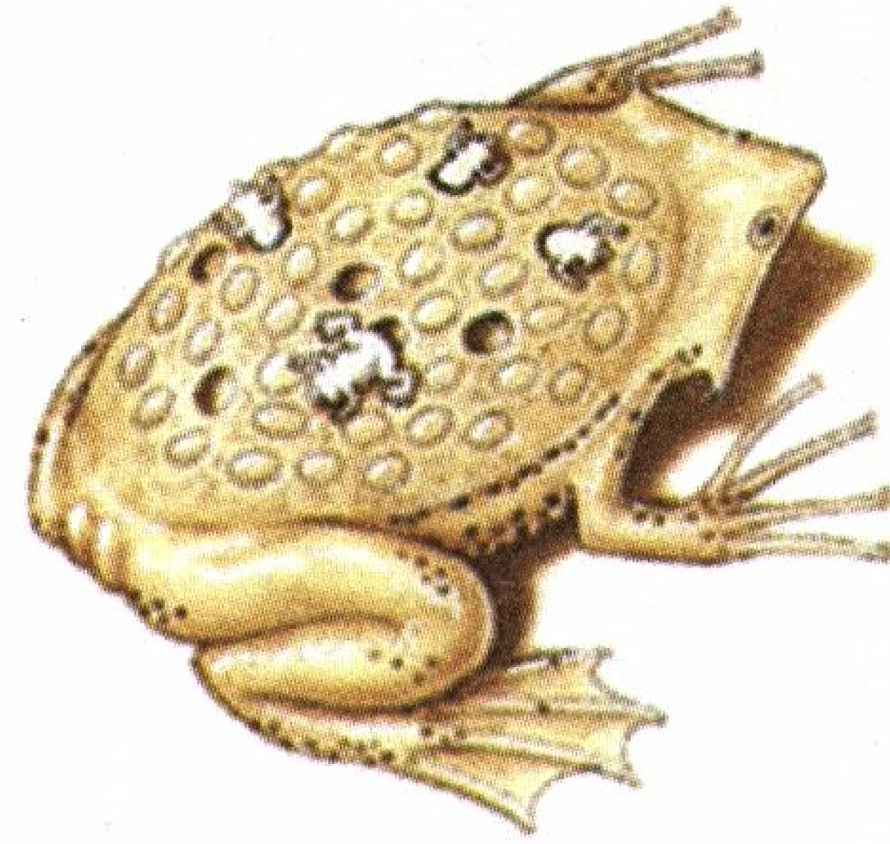
شكل (٧ : ٨ ب) يبين انتكاس الخلايا القارورية للداخل أثناء تكون جاسترولا الضفدع
المصدر: Woipert L. et. al., (2002)

المحية وتسمى عند ذلك بالسدادة المحية yolk plug. بتقدم عمر الجنين فإن هذه السدادة المحية تأخذ بالاضمحلال والاختفاء تدريجياً حيث الشفتان الجانبيتان وتبقى السدادة على شكل ثقبين ظهري وآخر بطني صغيرين سرعان ما يختفيان هما أيضاً، وبذلك تتحول البلاستولا ذات الطبقة الواحدة التمايز إلى تركيب ذي ثلاثة طبقات متمايزة يقع في التجويف في الجزء العلوي منها، كما أن الخلايا السطحية منها تحتوي على أهداب لتساعدها في التحرك.

إن القوى والآلية التي تكمن في الشفة الظهرية وعلى ضوئها يمكن تفسير تكوين الجاسترولا لهو محل الأبحاث إلى يومنا هذا ـ لا ننسى أن أصل تكوين الشفة الظهرية هو الهلال الرمادي ـ حيث وجد أنه عند قطع الشفة الظهرية من الجنين وزراعتها في جزء آخر من جنين آخر فإن هذه الخلايا تهاجر إلى الداخل كما لو كانت في موضعها الأصلي مما يدل على احتفاظها بآليتها الخاصة بذلك.

الضفادع الكيسية
Marsupial Frogs

تعيش مجموعة من الضفادع الشجرية في الغابات الممطرة والمناطق الجبلية بأمريكا الوسطى معيشة تخالف في طبيعة تكاثرها وتكوين أجنتها لما هو موجود في عموم البرمائيات، فمراحل التكون الجنيني اليرقي يتم على ظهر الأم (شكل ٩:٧) بدلا من الماء لتخرج بعد ذلك الأجنة على شكل ضفادع صغيرة كاملة النمو أو تكون في مرحلة يرقية، فوجود الجنين على ظهر الأم (يكون في أكياس خاصة) يقتضي تغيرات فسيولوجية في الأم حيث تزوده بالغذاء وتبادل الغازات، لذلك فإن التركيب الداخلي لكيس الأم والأجهزة الهرمونية التي تحكم احتضان البويضات يماثل ما هو موجود في الجهاز التشريحي والهرموني للثدييات سيما الثدييات الكيسية، يكون الكيس شبيها بالجلد العادي للضفدع، أما أثناء الحضانة فيتكون لجدرانه بطانة رقيقة غنية بالأوعية الدموية ويكون لكل بيضة غرفة منفردة داخل الكيس وفي داخل كل غرفة يكون الجنين محاطاً بغشاء وعائي خاص به على هيئة مجموعة من الخياشيم وبذلك تكون الأم على اتصال وثيق فسيولوجياً مع الأجنة الموجودة في كيسها.



شكل (٩:٧) يبين بعض انواع الضفادع وطرق رعاية صغارها

المصدر: www.biocourse.com

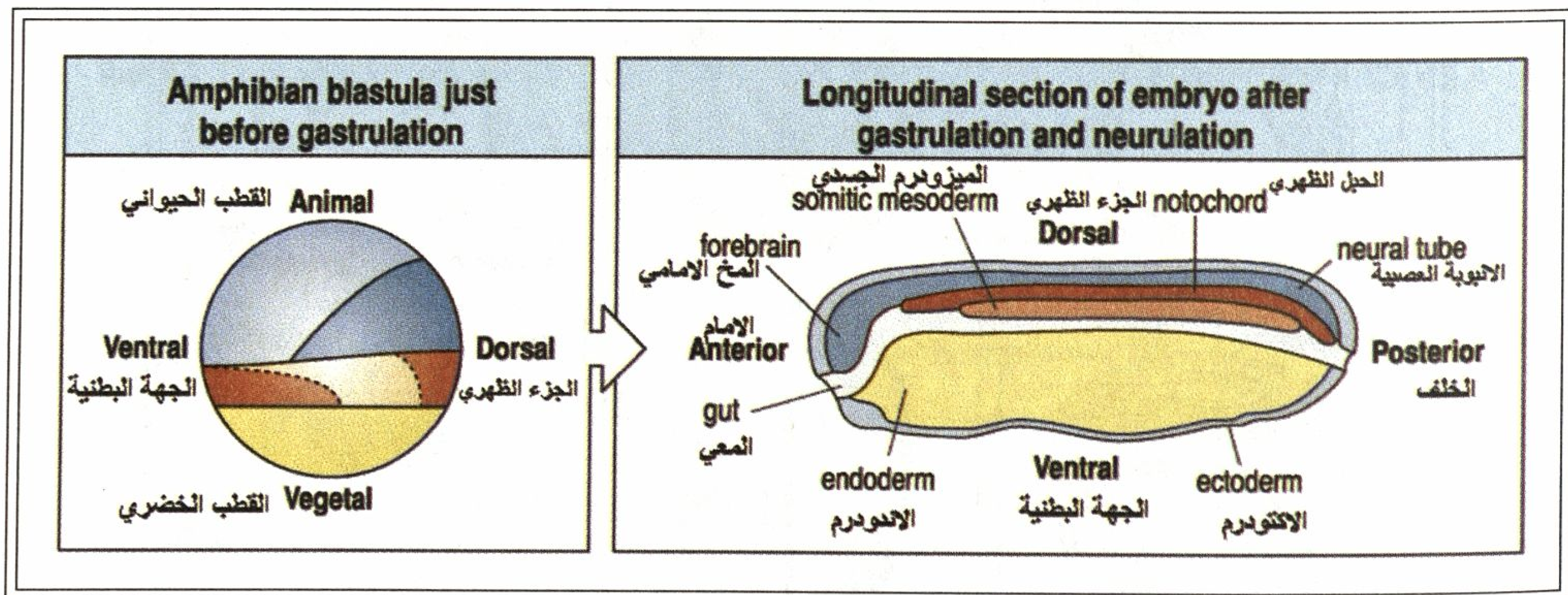
خريطة المصير في البرمائيات

بالنظر إلى الخريطة المصير في الضفدعة كنموذج للبرمائيات يمكن تحديد ما سيعطيه كل جزء من الأجزاء البلاستولا كما يلى:

١. منطقة علوية ويقصد بها المنطقة التي تكون جهة القطب الحيواني وتكون قاتمة اللون وذلك لوجود حبيبات الصبغة وتعطي مستقبلا تكوين كل من الجهاز العصبي وأعضاء حس البشرة.

٢. منطقة وسطية وتكون حول خط الاستواء بين القطب الحيواني والقطب الخضري وتكون أقل قتامة وهي مساحتان: مساحة الحبل الظهري حيث تقع إلى الجهة البطنية من الصفيحة العصبية وتتكون من الميزودرم القطع العضلية والقطع الكلوية nephridia وأدمة الجلد وهيكل الحبل الظهري الذى سيكون جسم الفقرات فيما بعد.

٣. منطقة سفلية ويقصد بها المنطقة التي تكون جهة القطب الخضري وتكون خالية من الحبيبات الصبغية وتعرف بمنطقة الأندودرم وتعطي مستقبلا تكوين القناة الهضمية وملحقاتها مثل الجيوب الخيشومية في منطقة البلعوم والجيب الكبدي. وحيث إن المنطقة العلوية (منطقة الأكدودرم) تعطى مستقبلا تكوين الجهاز العصبي والأنف والأذن والعين فيمكن اعتبار هذه المنطقة السفلية (منطقة الاندودرم) أنها الناحية الخلفية للجنين.



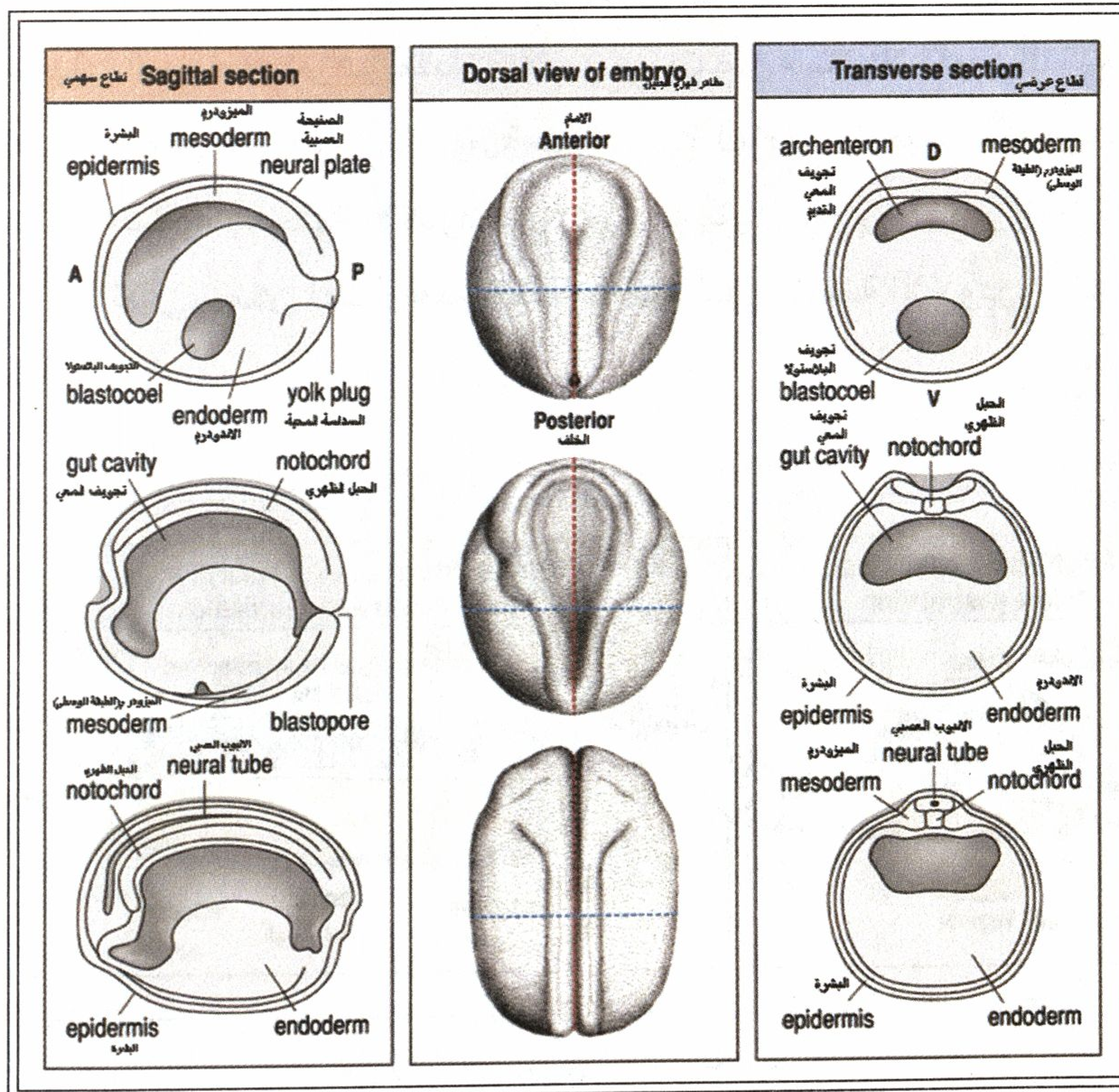
شكل (٧ : ١٠) يبين خريطة المصير للضفدع
المصدر: Wolpert L. (2002)

تكوين الأعضاء الرئيسية
Organs Development

الطبقة الخارجية (الأكتودرم) ومشتقاتها:

١:١ الجهاز العصبي المركزي Central Nervous System

يمكن مراجعة ما ستعطيه كل طبقة من الطبقات الجرثومية الثلاثة من خلال تتبع الصبغات الحيوية وتحديد خرائط المصير، وحيث إن الجاسترولا تعد بوابة التمايز الخلوي وبدايته لذلك فإن جزءا من الطبقة الأكتودرمية الخارجية سيتخصص ليعطي تكوين الجهاز العصبي وهذا الجزء من الأكتودرم يقع على طول الخط المنصف للمنطقة الظهرية للجنين.

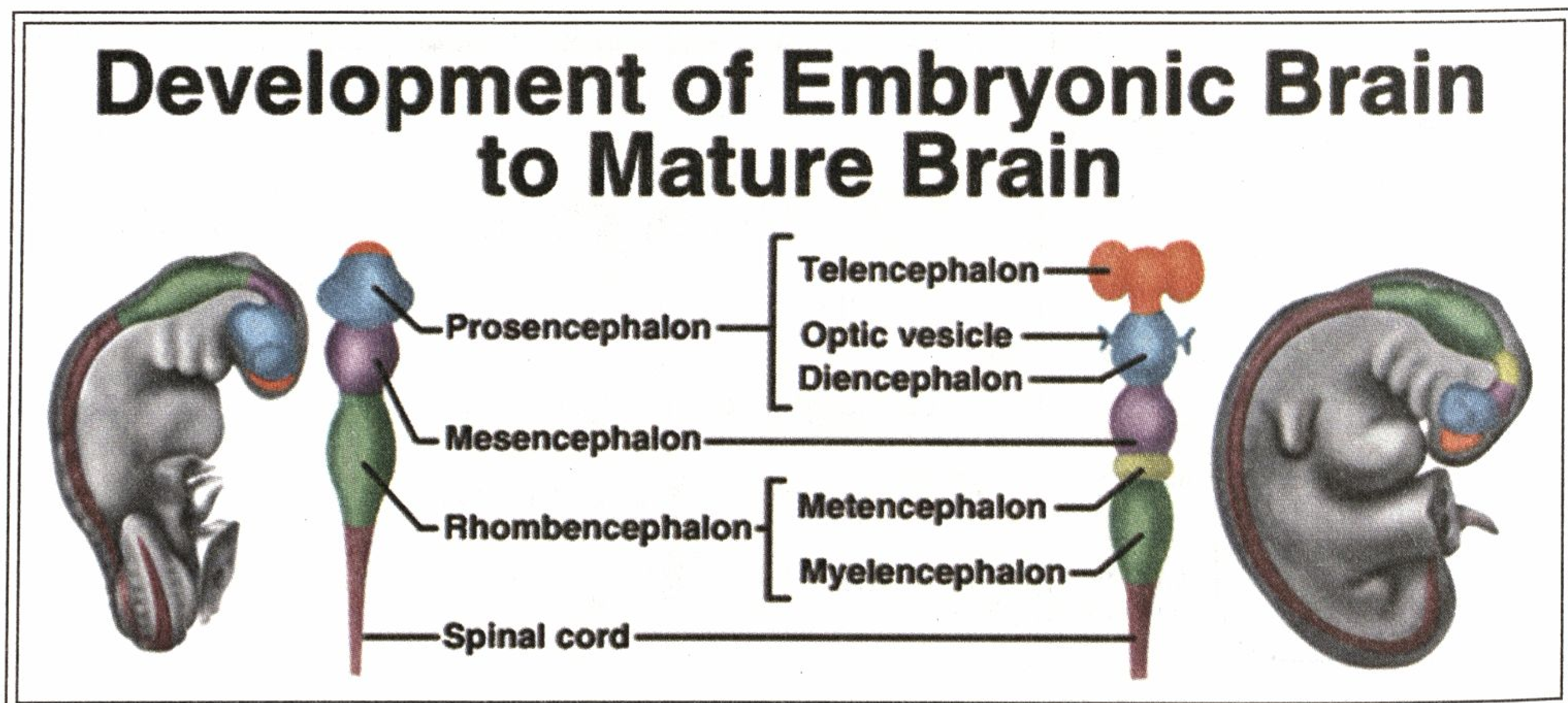


شكل (٧ : ١١) يبين تكوين الأنبوبة العصبية في جنين الضفدع

المصدر: Wolpert L. (2002)

تبدأ عملية تمايز الأكتودرم العصبي بتغلظ خلاياه وتفلطحها ثم انخفاض مستواها عن مستوى اكتودرم البشرة epidermal ectoderm وبانخفاضها واتصالها بالأكتودرم العلوي (اكتودرم البشرة) فإن جزء الاكتودرم العصبي يشكل ميزاب أو أخدود neural groove يكون أكثر اتساعاً في المنطقة الأمامية عنه في المنطقة الخلفية وهو ذو ثنيتين عصبيتين neural folds ويعرف هذا الأكتودرم المتخصص بأكتودرم الصفيحة العصبية neural plate. يتقدم عمر الجنين واستمرار انخفاض هذه الصفيحة العصبية ينفصل الأكتودرم العصبي عن اكتودرم البشرة وتنمو حافتا الأول (الأكتودرم العصبي) نحو بعضيهما البعض ويكون الالتقاء أول ما يكون في المنطقة الوسطى من الصفيحة العصبية ليعطي تكوين الأنبوبة العصبية، بينما طرفا الثاني (اكتودرم البشرة) تلتحمان وتغطيان الجنين فوق الأنبوبة العصبية (شكل ٧:١١). الأنبوبة العصبية المتكونة لا تختلف في تكوينها وشكلها عن تلك الموجودة في حالة جنين السهيم حيث إنها تحتوي على تجويف مغلق داخل الأنبوبة يعرف بالتجويف العصبي.

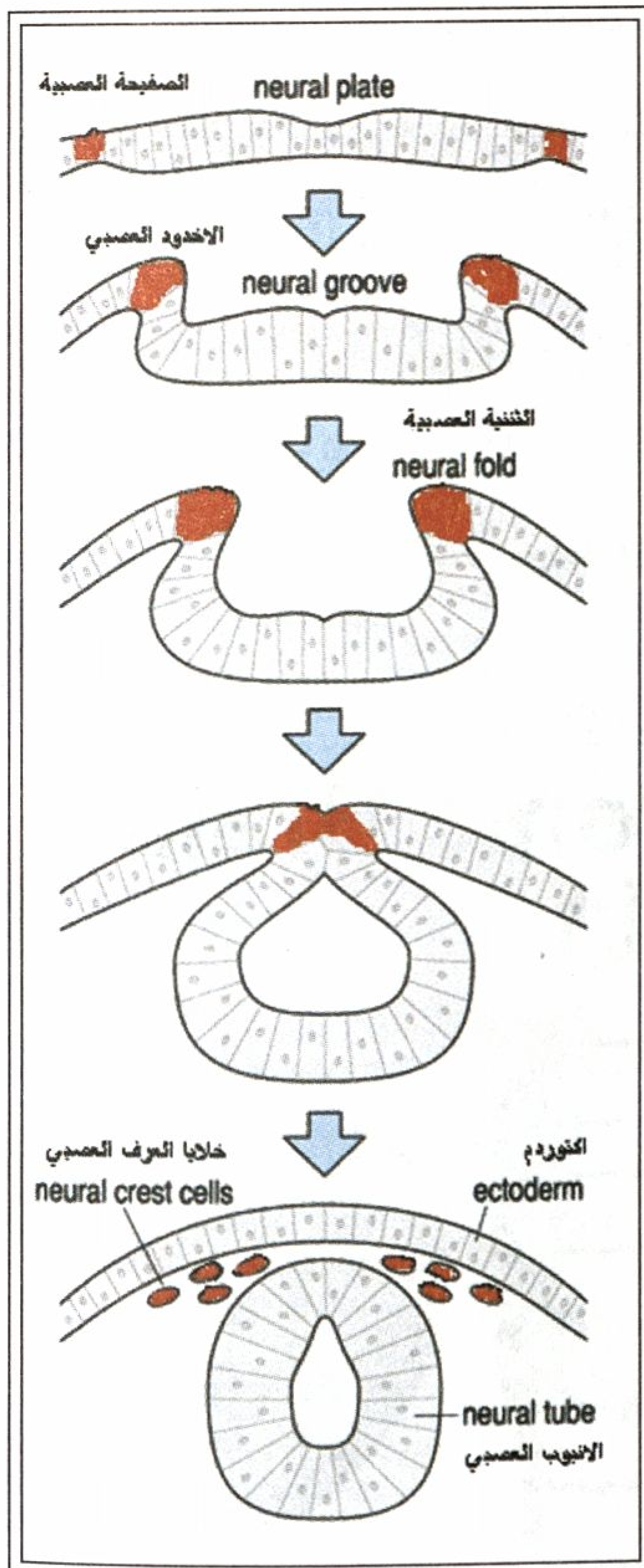
يتكون الجهاز العصبي في الضفدعة من جزئين رئيسيين هما الجهاز العصبي المركزي central nervous system ويشمل المخ والحبل الشوكي، والجزء الآخر وهو الجهاز العصبي الطرفي peripheral nervous system وسنتكلم هنا عن تكوين الجهاز العصبي المركزي فقط وتكوين العرف العصبي.



شكل (٧ : ١٢) يبين أجزاء المخ الجنيني وتمايزه إلى اجزائه الرئيسية

المصدر: www.biocourse.com

بعد أن يتم تكوين الأنبوبة العصبية ينتفخ الجزء الأمامي منها ليكون المخ الذي يتمايز إلى ثلاثة أجزاء رئيسية هي المخ الأمامي والمخ المتوسط والمخ الخلفي (شكل ٧ : ١٢). يقع المخ الأمامي prosencephalon تحت مستوى الحبل الظهري ويتمايز هذا الجزء من المخ بتقدم عمر الجنين إلى جزئين أساسيين هما المخ الطرفي telencephalon وسيعطي مستقبلاً تكوين نصفي الكرة المخيين Cerebral hemispheres والجزء الآخر هو المخ البيني diencephalon ويتميز هذا الجزء بوفرة الأوعية الدموية التي تواصل المواد الغذائية والأكسجين إلى بقية تجاويف المخ ويتسم أيضاً بوجود الجسم الصنوبري pineal body الذي تكون وظيفته في أجنة الضفادع ضوئية. يقع المخ المتوسط mesncephalon أمام الحبل الظهري بينما يقع المخ الخلفي rhombencephalon فوق مستوى الحبل الظهري وهو كالمخ الأمامي يتمايز إلى جزئين المخ البعدي metencephalon وهو الجزء الأمامي ويليه مباشره المخ الميليني myelencephalon، إضافة إلى وجود المخ وتكويناته المختلفة يوجد الحبل الشوكي spinal cord كجزء أساسي ومكمل لتكوين الجهاز العصبي المركزي وهو عبارة عن امتداد للمخ الخلفي ويأخذ شكل الأنبوبة العصبية الضيقة والمتصلة بالمخ في جزئه الأخير ويبدو في هذه الأنبوبة تمايز الخلايا العصبية وتنوعها وتتكون أيضاً الخلايا الدبقية glial cells حيث تعمل على ضم الخلايا العصبية إلى بعضها البعض.



شكل (٧ : ١٣) يبين تكوين العرف العصبي
المصدر: Wolpert L. (2002)

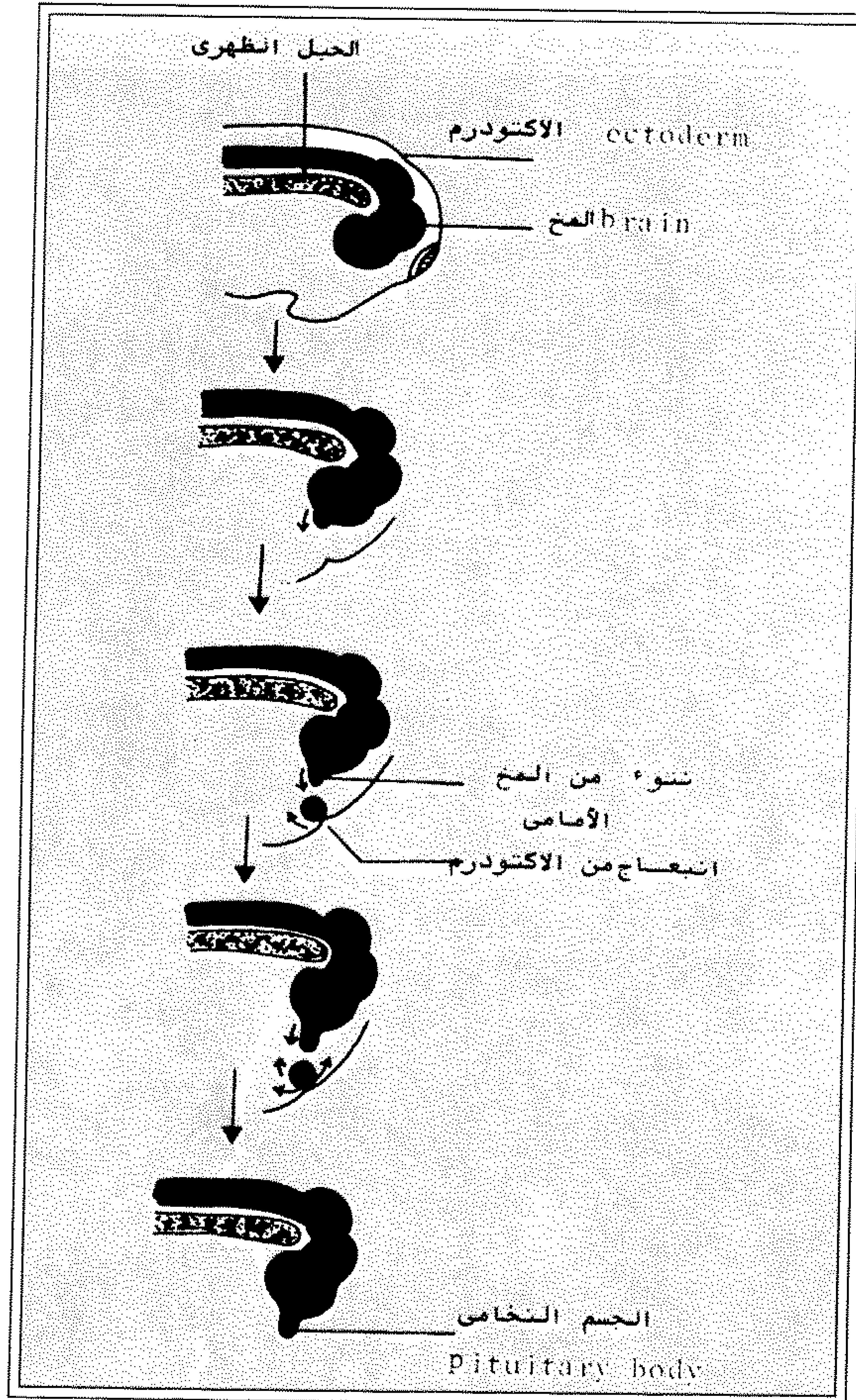
٢:١ العرف العصبي Neural Crest

أثناء تكوين الأنبوبة العصبية يقتطع جزء من الأكتودرم على طرفى الثنيتين العصبيتين حيث تعرف هاتان المنطقتان بمنطقتي الالتحام أو العرف العصبي (شكل ٧ : ١٣) وهى لا تدخل في تكوين الأنبوبة العصبية مع

العلم أنها تكون على جانبيها وسرعان ما تتجزأ هاتان المنطقتان على شكل خلايا عصبية حيث تبتعد عن مكانها الأصلي في المنطقة الظهرية وتهاجر لتكون، في مستقبل الجنين، تراكيب أساسية أهمها العقد العصبية الموجودة على الجذور الظهرية للأعصاب.

١ : ٣ الغدة النخامية Pituitary Gland

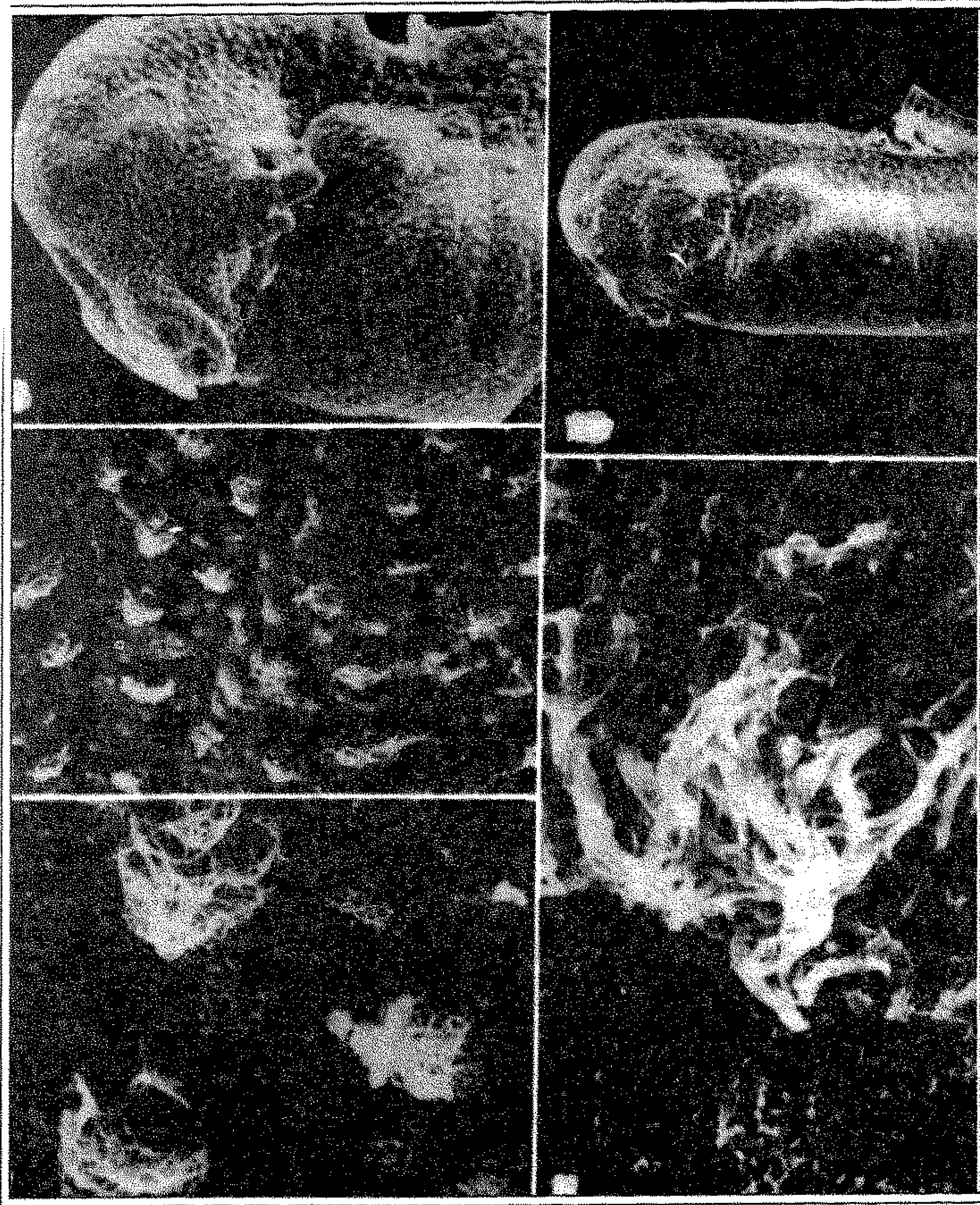
يظهر تكوين الغدة النخامية في الأطوار الجنينية الأولى على شكل نتوء يخرج من المخ الأمامي (شكل ٧ : ١٤) ليلتقي بانبعاج سميك من طبقة الأكتودرم التي تقع تحته وذلك بعد انفصاله من اكتودرم البشرة وينتج عن اتحادهما تكوين الجسم النخامي pituitary body الذي سيعطي مستقبلاً تكوين الغدة النخامية.



شكل (٧ : ١٤) يبين تكوين الغدة النخامية

تكوين البشرة والأهداب Epidermal and Cilia Development

إن البشرة تتكون من طبقة الأكتودرم الخارجية ثم بتقدم عمر الجنين تتخصص أجزاء من هذه الخلايا لتعطي تكوين بعض الغدد مثل الغدد المخاطية والغدد السامة. هذا وتظهر الأهداب في المراحل الأولى من التكوين، ولقد ظهر من خلال الفحص بالمجهر الإلكتروني (شكل ٦:٢٦) أن الخلايا الهدبية تتوزع على جميع جسم الجنين على شكل خصلات هدبية طولية تنتظم في صفوف حيث تخرج كل خصلة هدبية من خلية واحدة، وتكون هذه الخصلة متماسكة عند المنشأ ثم لا تلبث أن تأخذ الشكل الشجري البسيط شكل (٧ : ١٤ ب).

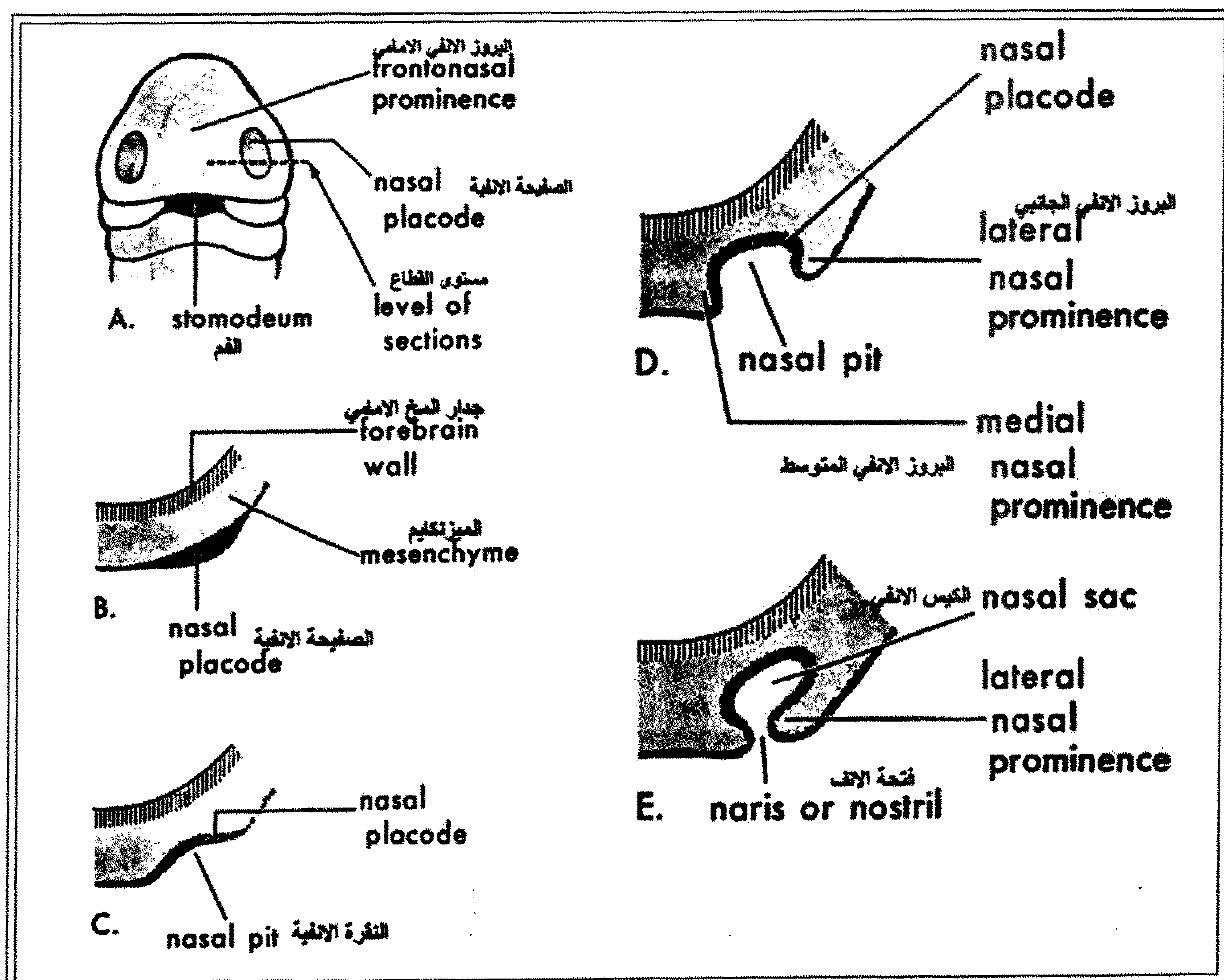


شكل (٧ : ١٤ ب) صورة بالمجهر الالكتروني توضح تكوين الاهداب
المصدر: S. Karim, (1993)

٢. أعضاء الحس The sense organs

١:٢ عضو الشم olfactory organ

يظهر تكوين عضو الشم على شكل تغلظ في الأكتودرم على الجانبين مكونا حفرتين إلى الداخل تعرف كل منها بالحفرة الشمية olfactory pit ثم لا يلبث هذا التغلظ الذي يأخذ شكل الحوصلة أن يغوص على الداخل أكثر فأكثر وتتعمق الحفرتان حتى تصلان إلى سقف الفم وعندئذ يتلاشى الفاصل بين الحفرتين الشميتين وتجويف الفم وتتكون فتحتا الأنف الداخلية internal nostrils. وتظل فتحتا الحفرتين الشميتين الخارجيتين تفتحان إلى الخارج حيث تعتبران فتحتي الأنف الخارجية external nostrils وتتميز الخلايا الطلائية للحويصلة المتكونة من التغلظ الأكتودرمي السابق إلى خلايا طلائية شمية (شكل ٧ : ١٥).

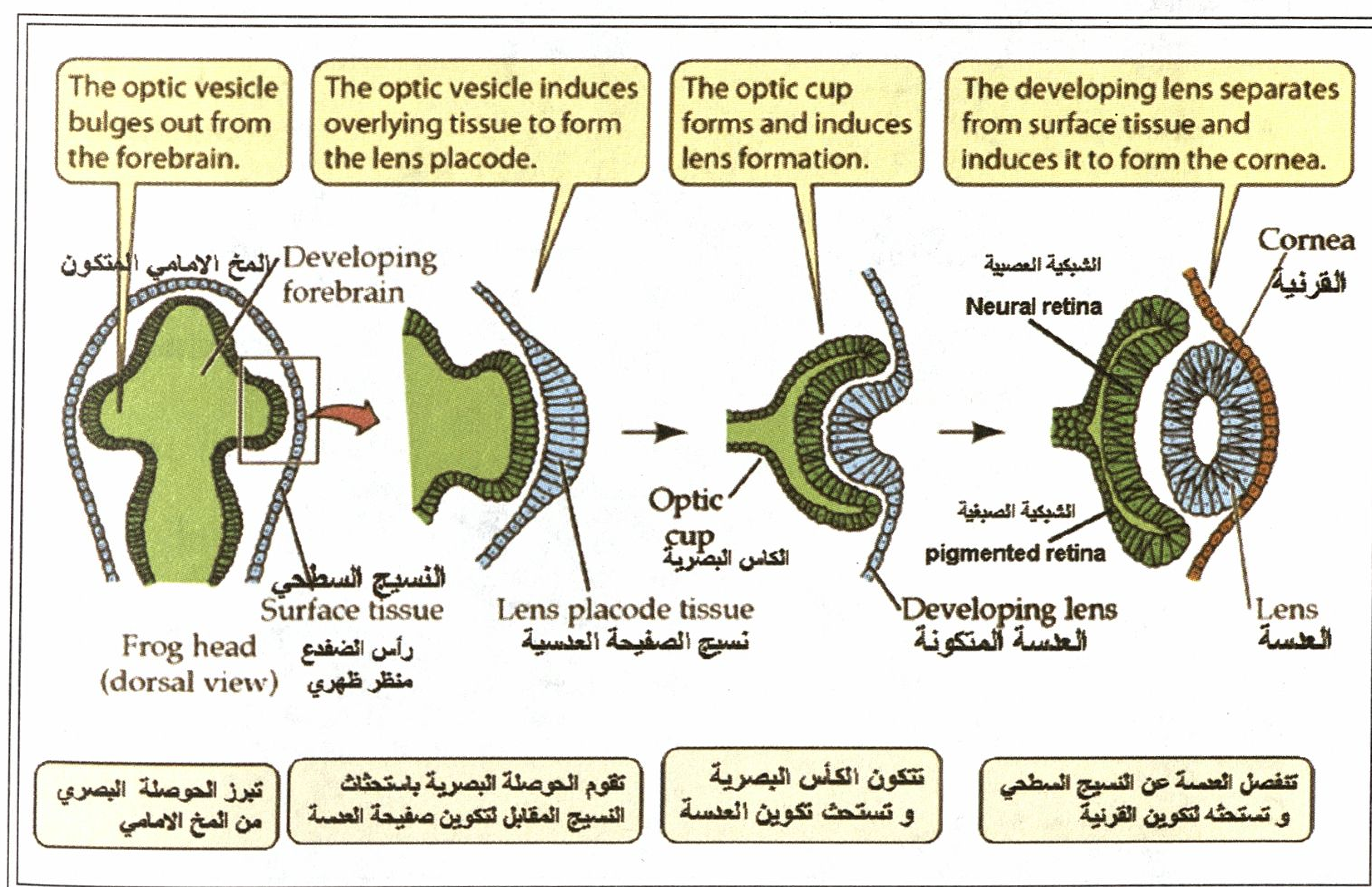


شكل (٧ : ١٥) يبين تكون الأذن

المصدر: Moore, K. (1982)

٢:٢ تكوين العين Development of the eye

يلاحظ في تكوين أعضاء الحس أنها تنشأ إما من المخ أو الأكتودرم الأصلي (اكتودرم البشرة) وتظهر هذه الظاهرة جليا في تكوين العين في الفقاريات عموما حيث إن الحوصلة البصرية تنشأ من المخ الأمامي والعدسة تنشأ من الأكتودرم المواجه لها. شكل ٧ : ١٦ يبين تسلسل أحداث التكوين للاثنين معا في آن واحد فعند بداية التكوين يبرز على جانبى المخ الأمامي من الناحية البطنية انتفاخان وذلك بداية الحوصلتين البصريتين optic vesicles ويزداد نموهما جهة البشرة (الأكتودرم المقابل) مع استمرارية اتصالهما بالمخ عن طريق ساق قصيرة تعرف بالساق البصرية optic stalk ثم ينغمد جزء الحوصلة الأمامي إلى الداخل ليكون ما يشبه الكأس الجوفاء حتى يلامس الجدار المقابل له وبهذا التكوين فإن الحوصلة البصرية تصبح مكونة من جزئين رئيسيين هما (أ) الطبقة الصبغية الشبكية retina pigmented layer وهي الجزء الخارجي ذات اللون الأسود، (ب) الطبقة الشبكية العصبية neural retina layer وهي الجزء الداخلي للحوصلة وتتمايز خلايا هذه الطبقة إلى خلايا حسية وأخرى عصبية ويمتد من الأخيرة زوائد عصبية تتجه ناحية



شكل (٧ : ١٦) يبين تكوين العين
المصدر: Purves et al., (2006)

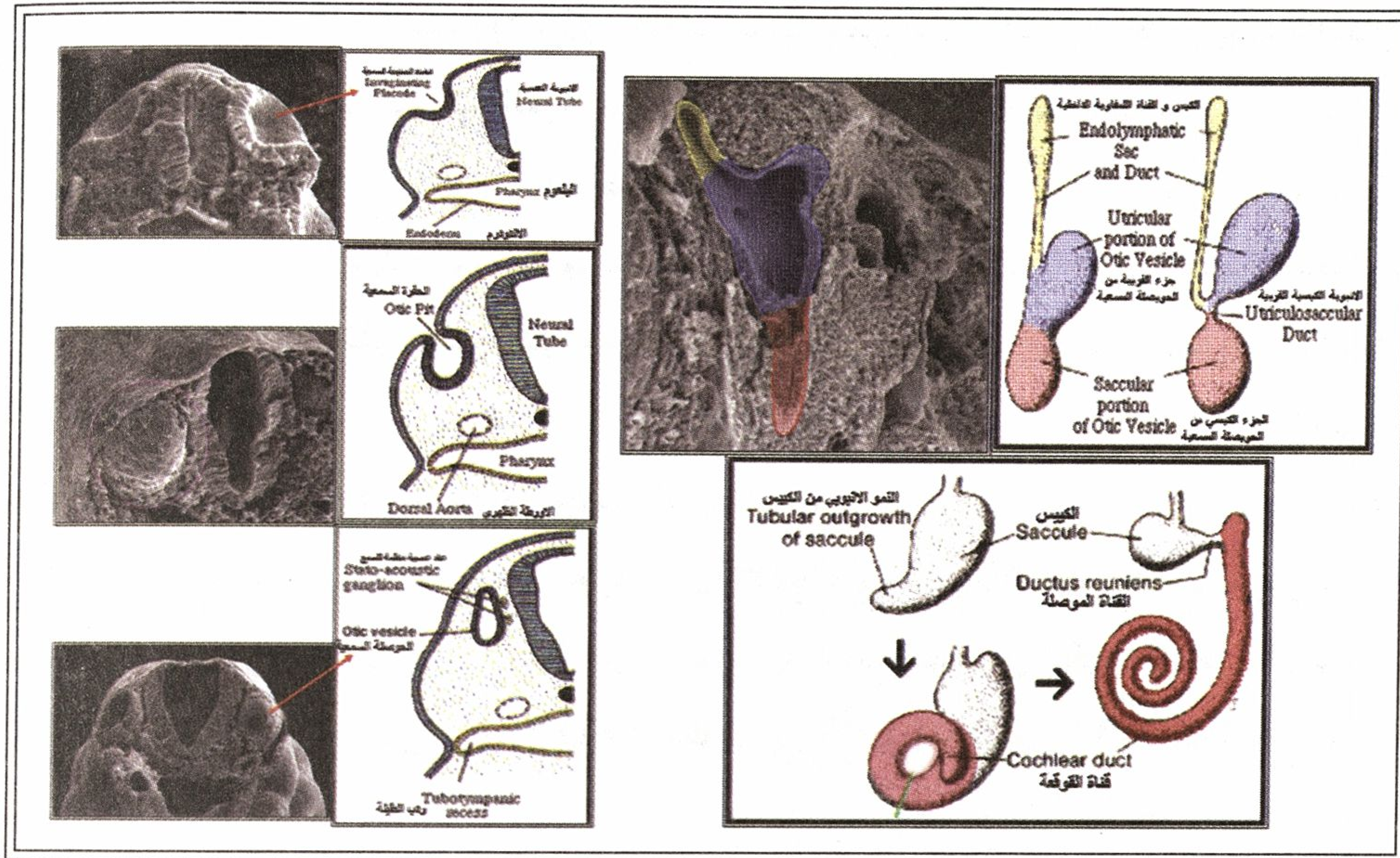
المخ عن طريق الساق البصرية لتكون العصب البصري، وتختنق بعد ذلك حافة الكأس البصرية لتعطي تكوين قزحية العين iris. وفي أثناء تكوين الحوصلة البصرية نلاحظ أن الأكتودرم المواجه لها يأخذ في التغلظ شيئا فشيئا مع انفصالهما تدريجيا عن اكتودرم البشرة حيث يقتطع ذلك الأكتودرم لتكوين العدسة ويغوص إلى داخل الكأس البصرية المتكونة ويستقر بداخلها على شكل حويصلة عدسية وهي خلايا طلائية تتحول إلى ألياف شفافة بلورية crystallin. ويرتبط دراسة تكون العدسة بامكانية تجددها من القزحية أو تحول خلايا الشبكية إلى خلاياها وذلك أثناء زراعتها.

وتشترك الخلايا الميزنشيمية الموجودة جهة المخ مع خلايا اكتودرمية في تكوين قرنية العين cornea، وكذلك فإن الخلايا الميزنشيمية تحيط بالعين لتكون الغطاء المشيمى choroid coat، أما جفون العين فإنها تتكون في الأطوار الجنينية المتأخرة من ثنيات جلدية.

٣:٢ تكوين الأذن Development of the ear

يبدأ تكوين الأذن أيضا بتكوين حويصلة من الطبقة الداخلية للأكتودرم على جانبي الرأس مقابل منطقة المخ الخلفي حيث يتغلظ أكتودرم تلك المنطقة ويعرف هذا التغلظ بالقرص السمعي auditory placode، تنخفض الحويصلة البدائية وتأخذ شكل الفنجان، باستمرار عملية الانغماد تقترب حواف القرص المنغمد بعضها من بعض وينتج عن ذلك الحويصلة المكتملة وهي حويصلة بيضاوية الشكل تعرف بالحويصلة السمعية auditory vesicle.

بتقدم النمو تتكون قناة اللمف الداخلى من الحويصلة السمعية كبروز اصبعي الشكل (شكل ٧ : ١٧) يتحول بعد ذلك إلى محفظة طويلة بها حواجز ثم تنقسم الحويصلة إلى جزئين أحدهما علوي كبير الحجم وهو القربة utriculus والآخر سفلي صغير الحجم ويعرف بالكيس sacclus وتتصل قناة اللمف الداخلية بالامتداد الظهري للكيس وتنفصل أيضاً من القربة القنوات مثل القناة النصف دائرية semicircular canal ويكون التكوين السابق بأكمله الأذن الداخلية inner ear ويتم تكوين الأذن المتوسطة middle ear بعد ذلك في مراحل متأخرة من عمر الجنين حيث يتم تكوين كل من قناة استاكيوس Eustachian tube، وعميد الأذن collumella وأخيراً غشاء الطبلة tympanic membrane.



شكل (٧ : ١٧) يبين تكوين الاذن

المصدر: www.med.unc.edu

(ب) صفيحة الحبل الظهري Notochord plate

عند تمايز الميزدورم تنفصل مجموعة من الخلايا على هيئة شريط ضيق في المنطقة الظهرية الوسطية (شكل ٧ : ١٨) لسقف المعي الأولى تعرف بالخلايا المكونة للحبل الظهري وبتقدم العمر فإنها بذات الوقت تنفصل عن اندودرم المعي السفلى لتعطي تمايزاً خاصاً لتكوين الحبل الظهري حيث يقع بين كل من الأنبوبة العصبية والمعي الأولى من الجهة العلوية والجهة السفلية على الترتيب وعلى جانبية يقع الميزدورم.

(جـ) الطبقة الوسطى (الميزودرم) ومشتقاتها:

يبدأ تكوين الميزودرم كطبقة ثالثة على شكل كتلتين خلويتين على جانبي الحبل الظهري (شكل ٧ : ١٨) ويأخذ في التمايز الموقعي والنسيجي إلى ما يلي:

المنطقة الظهرية أو المنطقة العضلية dorsal or mytomal region

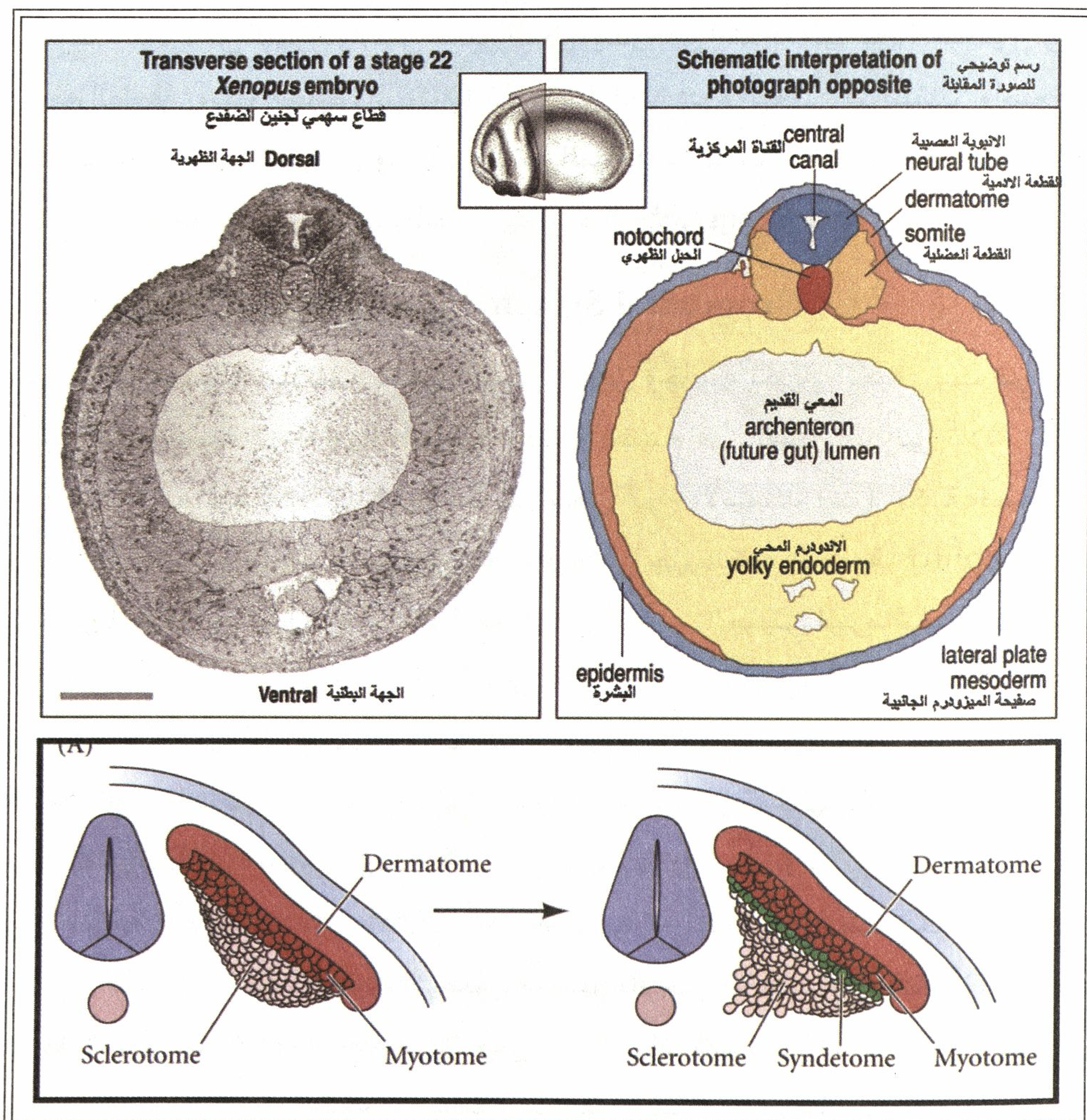
وهي من حيث موقعها تكون في الجهة العلوية على جانبي الأنبوبة العصبية والحبل الظهري ومن حيث تمايزها النسيجي الأولى فإنها تعطي تكوين القطع الجسمية somites وبتقدم عمر الجنين فإن هذه المنطقة تتمايز إلى ثلاثة أنواع نسيجية يدخل كل نوع في تركيب

جنيني معين كما يلى:

١. القطعة العضلية myotome ومنها تتكون عضلات الجسم.

٢. القطعة الأدمية dermatome ومنها تتكون أدمة الجلد حيث تكون في بداية أمرها متصلة ببقية الميزودرم ثم تنفصل عنه بعد ذلك تماما.

٣. القطعة الهيكلية sclerotome ومنها ينشأ الهيكل المحوري.



شكل (٧ : ١٨) الشكل العلوي يبين أجزاء طبقة الميزودرم والحبل الظهري

المصدر: Wolpert L. (2002)

الشكل السفلي يبين تكون القطعة العضلية، القطعة الهيكلية والقطعة الادمية

المصدر: Scott F. Gilbert (2006)

المنطقة المتوسطة أو القطعة الكلوية
Intermediate mesoderm or nephrotome

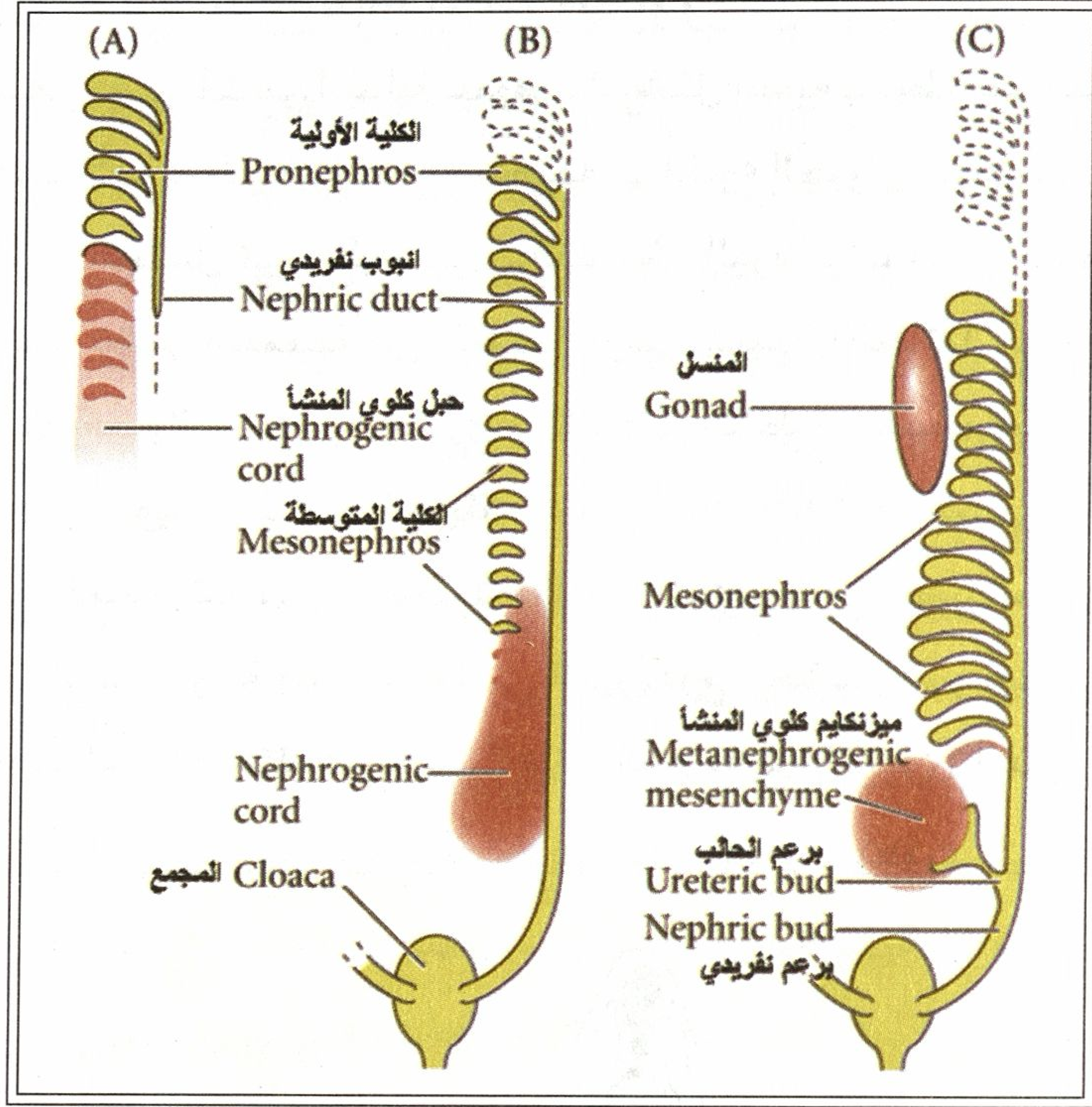
وهو الجزء الذي يقع بين المنطقة الظهرية والمنطقة البطنية للميزودرم وهي تجمع خلوي يتميز مستقبلا ويتخصص ليعطي تكوين الجهاز البولي التناسلي.

المنطقة البطنية أو الجانبية ventral or lateral region

ويقع هذا الجزء من الميزودرم على جانبي المعي ويتدرج في امتداده إلى الجهة البطنية إلى أن يلتحم الطرفان ويكوّن تجويف السيلوم الذي يفصل الميزودرم البطني إلى طبقتين واضحتين أحدهما تقع جهة الأكتودرم وتعرف بطبقة الميزودرم الجسمي somatic mesoderm والأخرى تقع جهة المعي وتعرف بطبقة الميزودرم الحشوي splanchinc mesoderm.

١. الجهاز البولي التناسلي Urogenital System

سنركز في حديثنا هنا على تكوين الجهاز البولي وخاصة تكوين الكلية حيث هي أهم الأجزاء الرئيسية في الجهاز البولي، والكلية تنقسم في الفقاريات إلى ثلاثة أنواع: (أ) الكلية الأمامية pronephros كما في بعض أنواع الأسماك (ب) الكلية المتوسطة mesonephros كما هي الحال في البرمائيات، (جـ) الكلية الخلفية metanephros كما في الطيور والثدييات وبما أننا نتحدث عن التكوين الجنيني للبرمائيات فسنتحدث عن النوعين الأوليين وطريقة تكوينهما، إن الجزء المميز لتكوين الكلية كما ذكرنا سابقاً هو جزء الميزودرم المتوسط أو ما يعرف بالميزودرم الكلوي حيث يكون هذا الميزودرم قطعا كلوية ذات تجاويف تخرج منها بروزات أنبوبية تعرف بأنيبيبات الكلية الأمامية pronephric tubules. تشترك هذه الأنيبيبات (شكل ٧: ١٩) جميعها في قناة تسمى قناة الكلية الأمامية pronephric duct وتمتد هذه القناة إلى الخلف حيث تفتح في المذرق كما أن تجاويف الأنيبيبات تكون متصلة بالتجاويف الأصلية للقطع الكلوية عن طريق الثغور الكلوية nephrostomes وهي ذات أهداب تعمل على تحريك تيار يحمل إلى الأنيبيبات الكلوية ما يود الجسم التخلص منه من فضلات وغيرها حيث تنتقل بعد ذلك إلى قناة الأنيبيبات المشتركة ومنها إلى فتحة المذرق، وتمتد من الأبهر الظهري فروعه تتجه إلى الأنيبيبات الكلوية وتأخذ في الالتواء والانحناء داخل هذه الأنيبيبات لتعطي تركيباً جديداً يعرف بالكبيبة glomerulus (شكل ٧ : ١٩).



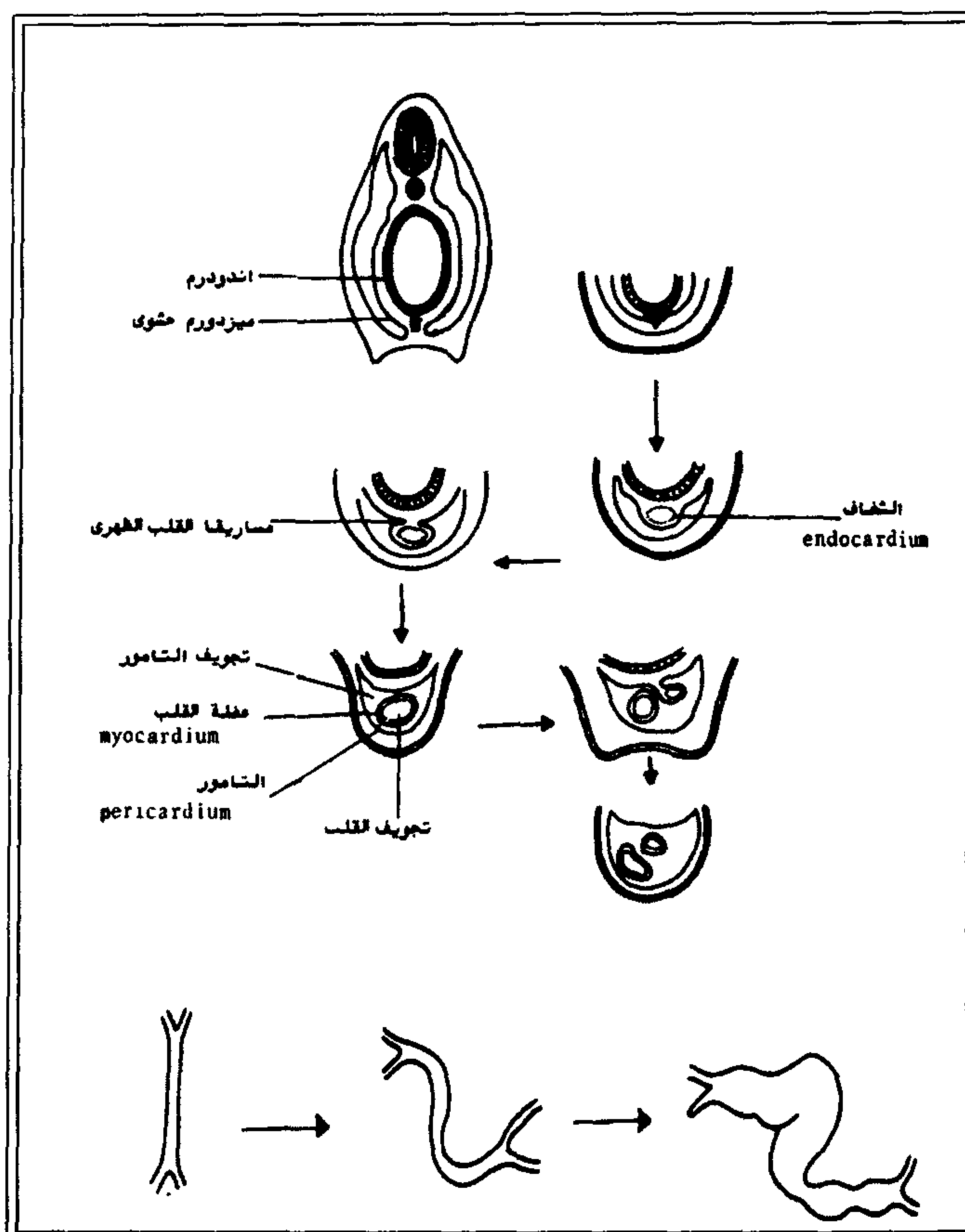
شكل (٧ : ١٩) يبين تكوين الكلية

المصدر: Scott F. Gilbert (2006)

إن الكلية الأمامية السابقة الذكر هي أول ما يظهر في التكوين الجنيني في كل من الأسماك والبرمائيات ويستمر هذا التكوين بوظيفته في بعض أنواع الأسماك ويختفي في أنواع أخرى وكذلك في البرمائيات ليظهر بعدها تكون الكلية المتوسطة حيث هي الكلية الفاعلة في هذه الأنواع، ويبدأ ظهور الكلية المتوسطة بظهور مجموعة من الأنيبيبات خلف موقع الكلية الأمامية وبنفس طريقة تكوين الكلية الأمامية فإن هذه الأنيبيبات تفتح بالقناة المشتركة الخاصة بالكلية الأمامية التي تبدأ تتلاشى لتحل محلها الكلية الفعالة (الكلية المتوسطة)، وتنغمد كل أنيبيبة على شكل كأس يمتد إليها فرع من أفرع الأبهر الظهري وبدوره فإن هذا الفرع يتفرع داخل الكأس إلى شعيرات دموية دقيقة وفي نفس الوقت يمتد إلى داخل الكأس فرع من أفرع الوريد الرئيسى الخلفي ويتفرع أيضاً إلى شعيرات دموية دقيقة وتكون الشعيرات بمجموعها ما يعرف بالكبيبية glomerulus ويمكن مراجعة تكوين الجهاز التناسلي في الباب الثاني.

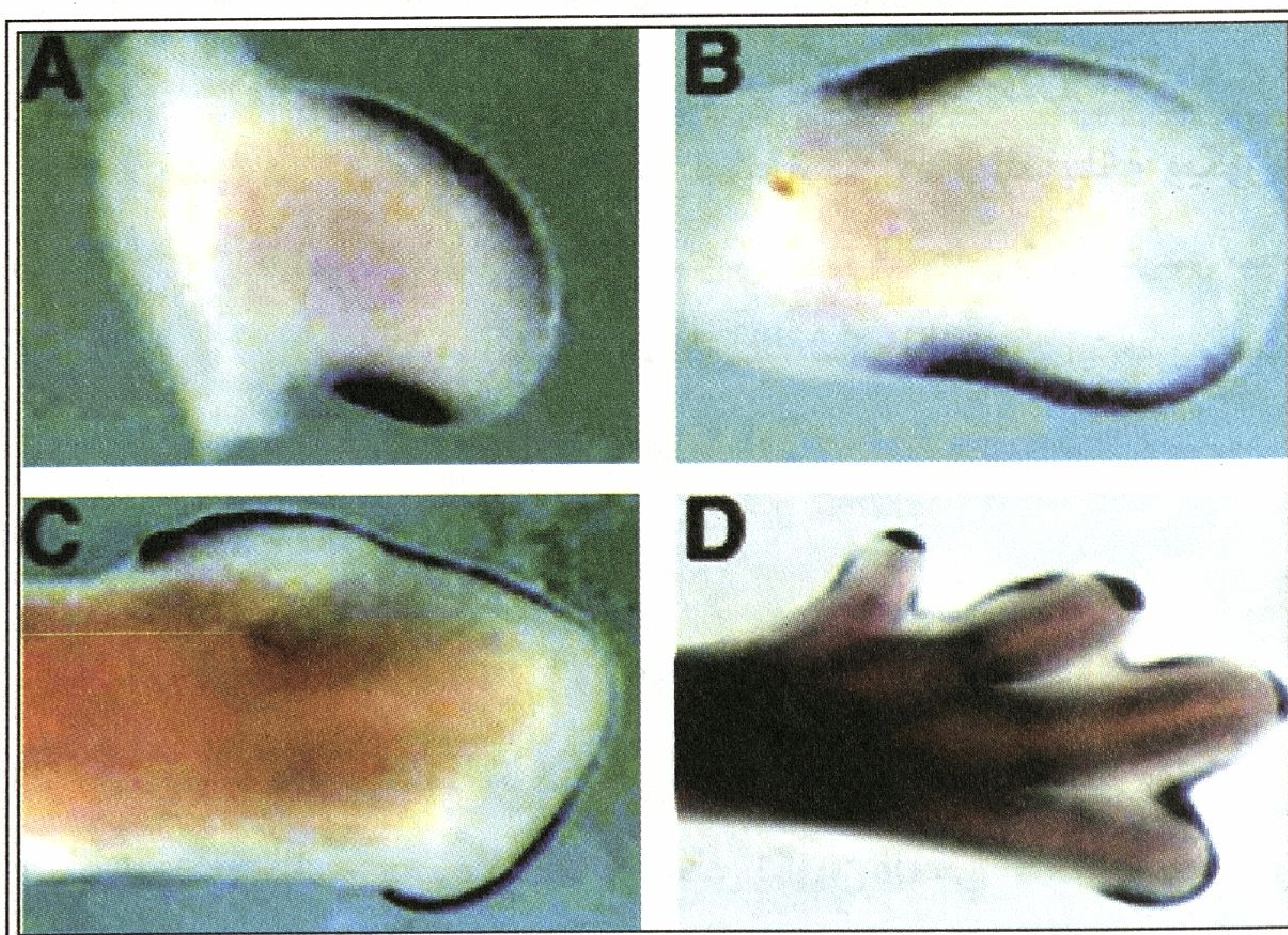
٢:١ تكوين القلب Heart Development

يتكون القلب في الفقريات في البداية عموماً على شكل أنبوبة بسيطة يمر الدم من خلالها ثم تنقسم هذه الأنبوبة إلى غرف قلبية مختلفة تبعاً لنوع الحيوان ويمكن من خلال الشكل (٧ : ٢٠) تتبع التسلسل في عملية تكوين القلب في البرمائيات والتي يمثلها هنا نموذج الضفدعة حيث تظهر مجموعة من الخلايا (وهى شبيهة بالخلايا الميزنشيمية) بين الأندودرم البلعومي والميزودرم الحشوي وذلك على الخط المنصف البطني وتتخصص هذه الخلايا في تكوين الطلائية المبطنة للقلب endothelium حيث تنتظم على شكل أنبوبة صغيرة الحجم تعرف بالشغاف endocardium وبتقدم عمر الجنين يكبر حجم هذه الغرفة القلبية الأولية وتقترب حافتي الميزودرم الحشوي نحو بعضها البعض إلى أن يلتقيا تحت الأنبوبة القلبية ثم يبدأ جزء الميزودرم الحشوى الذي حول الأنبوبة



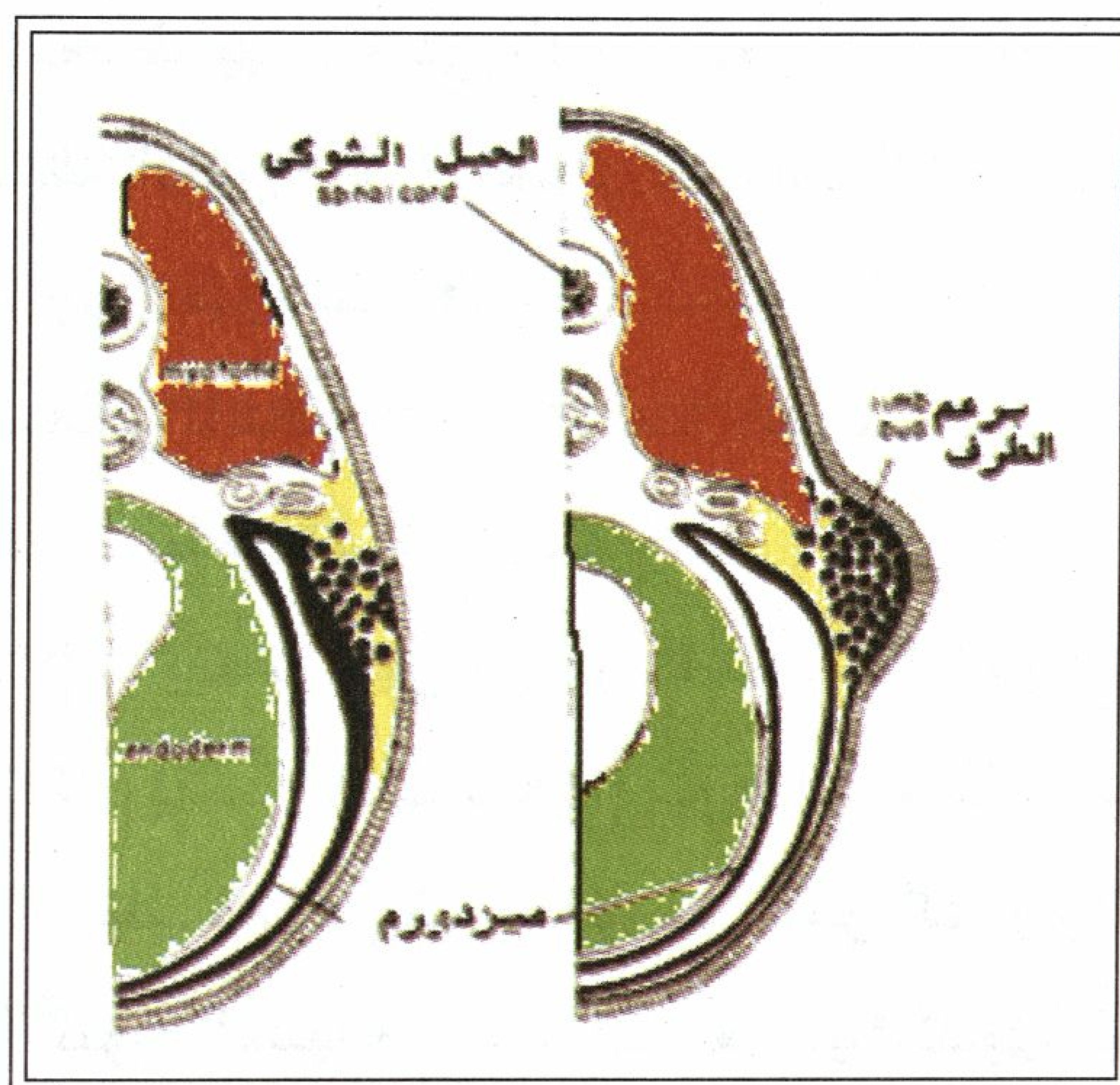
شكل (٧ : ٢٠) يبين تكوين القلب وتحول الأنبوبة القلبية إلى غرف قلبية

القلبية يلتف حولها ويحيط بها ليعطي تكوين الجدار العضلي للقلب أو عضلة القلب myocardium. بإحاطة الميزودرم الحشوى للشغاف تلتقي ثنيتهما (ثنية الميزودرم الحشوي اليمنى واليسرى) فوق الشغاف حيث تبقى معلقة في الجزء الأمامى للتجويف بما يشبه المساريقا البطني ventral mesocardium سرعان ما يتلاشى ويزول، ويبقى المساريقا الظهري لفترة أطول ثم يزول هو الآخر، يتكون بعد ذلك حاجز مستعرض septum trans versum يفصل بين كل من التجويف التاموري pericardial cavity والتجويف الحشوي وبذلك يأخذ القلب شكل الأنبوبة البسيطة ذات تجويف داخلي يحيط بها الشغاف يليه عضلة القلب ثم تجويف التامور يحده من الخارج التامور pericardium، ثم يتطور تكوين هذه الأنبوبة القلبية في عمر متقدم، حيث تلتوي هذه الأنبوبة وتأخذ شكل حرف S وتعاني بعد ذلك الأنبوبة الملتوية من ترتيب تجزيئي يعطي في النهاية تكوين أربعة مناطق (شكل٦:٣٤) : هي الجيب الوريدي sinus venosus ويقع في مؤخرة القلب، والأذين atrium ويقع أمام الجيب الوريدي وبدوره فإنه بعد ذلك ينقسم إلى أذين أيمن كبير وآخر أيسر صغير، والبطين ventricle ويقع أمام الاذين ويلي البطين جزءا المخروط الشرياني conus arteriosus.



شكل (٧ : ٢١ أ) يبين تكوين الاطراف في الفقاريات

المصدر: Grotewold L. and Rüther U. (2002)



شكل (٧ : ٢١ ب) يبين بداية تكوين الاطراف

٣:١ تكوين الأطراف Limbs Development

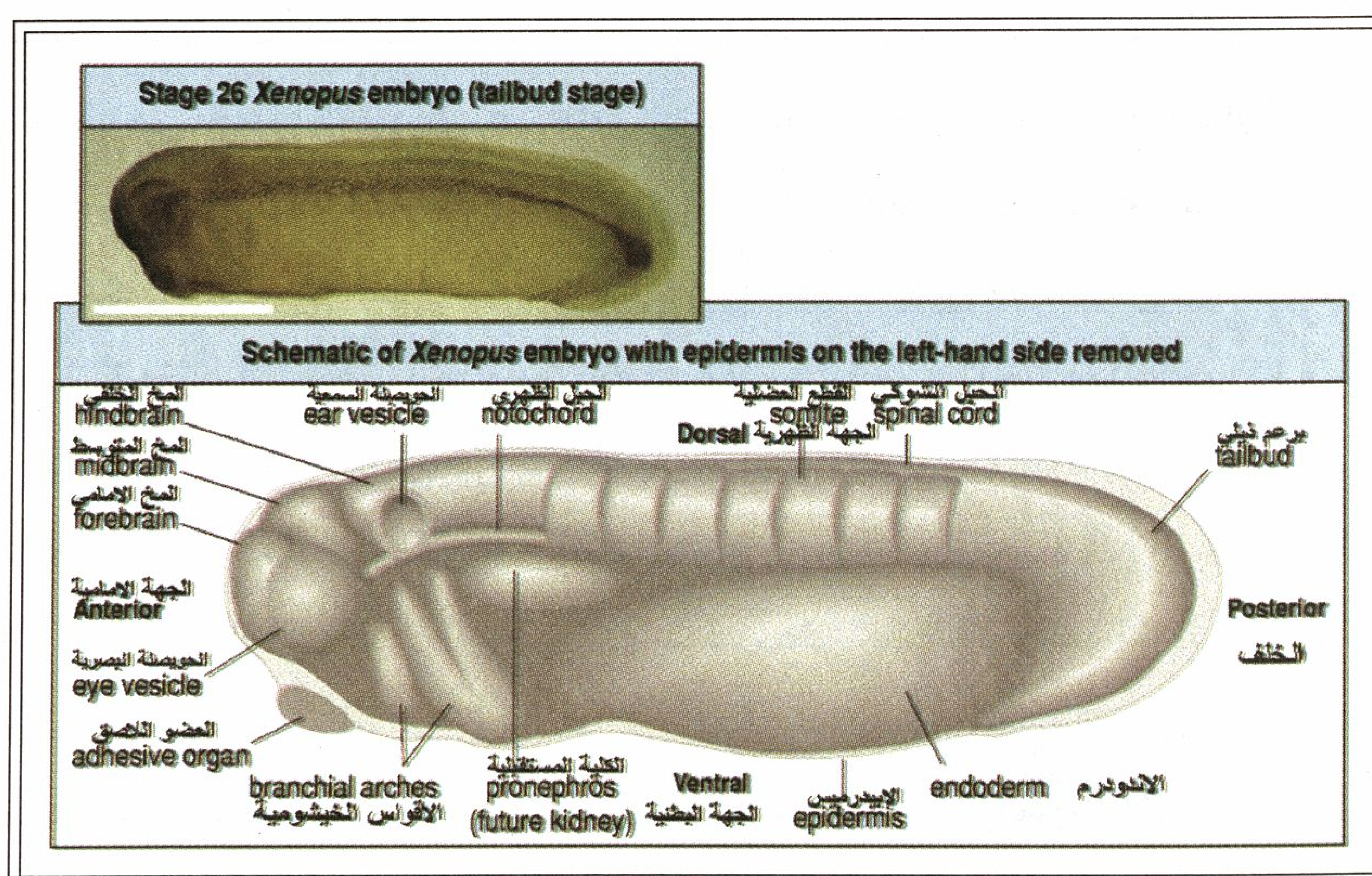
بتقدم عمر الجنين حيث يكون قد تم فيه تأسيس كثير من الأعضاء الرئيسية فإنه ينشأ تركيب جديد وهو الأطراف وتنشأ الأطراف من الميزودرم الجسمي somatic mesoderm حيث تتراكم خلايا من هذا الميزودرم في المناطق الخاصة بتكوين الأطراف وذلك تحت اكتودرم البشرة ويتغلظ الجزء من اكتودرم البشرة في هذه المنطقة ويكوّن ما يعرف بالبرعم الطرفي. من التكوين السابق يظهر تكوين الطرف على شكل برعم صغير (شكل ٧ : ٢١ب) يأخذ في النمو تدرجيا وتكتسب الأطراف شكلها النهائي بتحديد عدد الأصابع وحجمها ونوعيتها نتيجة لموت الخلايا في المناطق الواقعة بين هذه الأصابع (شكل ٧ : ٢١ أ) وذلك وفق برمجة وراثية خاصة.

د. الطبقة الداخلية (الأندودرم) ومشتقاتها:

تعتبر طبقة الأندودرم هي الطبقة الثالثة الرئيسية في تمايز الجاسترولا وتتميز خلاياه كما ذكرنا بأنها مثقلة بالمح وهذه الخلايا تعطي تكوين المعي الأولى حيث يكون تجويف متسعا في الأمام وضيقا في الخلف مع ملاحظة أن سقفه وجانبيه الظهرين رقيقان وقاعة سميك.

١:١ تكوين القناة الهضمية Enteron Development

يتمثل تكوين القناة الهضمية بالمعي الأولى الذي يأخذ بالاتساع مع تقدم عمر الجنين وعندما يتم تكوين الأنبوبة العصبية يلاحظ أن الجزء الأمامي من المعي الأولى يكون أكثر اتساعا (شكل ٧ : ٢٢) ويتخصص ليعطي تكوين المعي الأمامي fore-gut وحيث إنه يمثل الجزء الأمامي من القناة الهضمية فإنه سيعطي تكوين كل من البلعوم والمرىء والمعدة. تتكون الغدة الدرقية thyroid gland كبروز صغير من قاع البلعوم ويكبر حجمها بعد ذلك وتكون أكثر وضوحاً في عمر جنيني متقدم، ويخرج من المعي الأمامي امتدادان احدهما أمامي إلى جهة الأكتودرم حيث يلتحم معه ويكون فتحة الفم mouth والامتداد الآخر خلفي في نهاية الطرف الأمامي للكتلة الحية ويعطي تكون الردب البكدي Liver diverticulum الذي هو مؤشر لتكوين الكبد في المستقبل وبتقدم النمو والتكوين فإن أقصى الجزء الخلفي لهذا الكبد سيكون المرارة gall bladder. إن الجزء الخلفي يكون كذلك منتفخاً وتمتد نهايته الخلقية لتتحد مع الأكتودرم المواجه له ويعطي تكوين فتحة الاست anus إلى الخارج، ويتخصص هذا الجزء من المعي ويكون المستقيم، ويتصل جزئي المعي الأمامي والخلفي ببعضهما عن طريق أنبوبة معوية ضيقة هي جزء المعي المتوسط mid-gut الذي يتخصص في تكوين الأمعاء الدقيقة للقناة الهضمية للجنين.



شكل (٧ : ٢٢) يبين تكوين المعي والخياشيم في جنين الضفدع

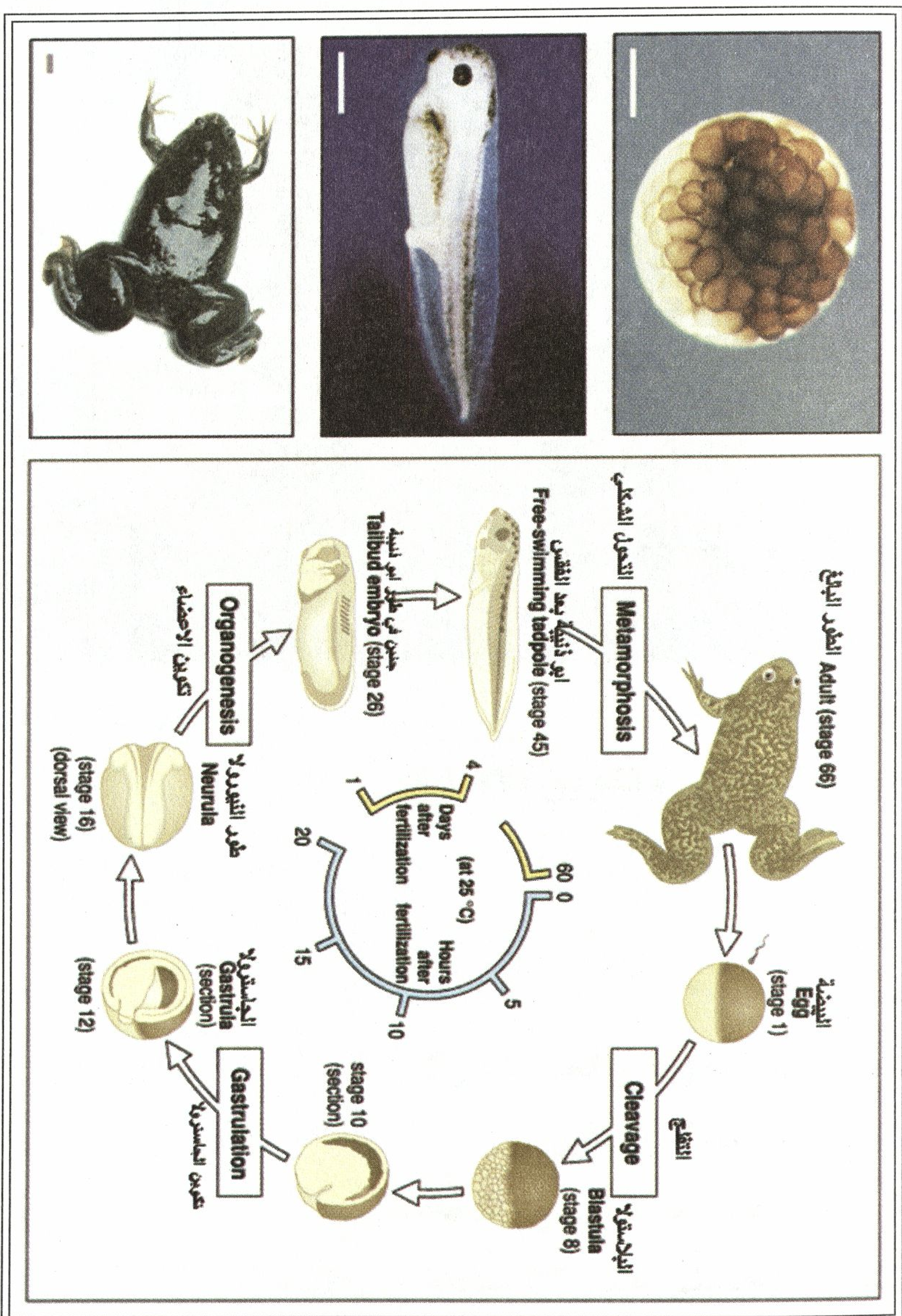
المصدر: Wolpert L. (2002)

٢:١ تكوين الخياشيم Development of the gills

عندما يتقدم الجنين في النمو تتكون على جانبي البلعوم ستة أزواج من الجيوب الحشوية visceral pouches تظهر على شكل ثنيات عمودية غير مجوفة تمتد من جدار البلعوم في اتجاه الأكتودرم حيث تلتحم معه وبذلك تقسم طبقة الميزودرم إلى سلسة من العوارض العمودية (شكل ٧ : ٢٢) تعرف بالأقواس الحشوية visceral arches حيث يكون كل منها مغطي من الخارج بالأكتودرم ومبطنا من الداخل بالأندودرم، عدد هذه الأقواس ستة يمثل القوس الفكي mandibular arch أولها ويقع بين الفم وبين الجيب شبه الخيشومي، يليه القوس الثاني وهو ما يعرف بالقوس اللامي hyoid arch ويقع بين الجيب شبه الخيشومي والجيب الخيشومي الأول أما ما تبقى من الأقواس الحشوية فتقع بين بقية الجيوب الخيشومية بتسلسلها الترتيبي وتعرف جميعها بالأقواس الخيشومية branchial arches وتسمى على حسب ترتيبها، فالقوس الحشوي الثالث يعرف باسم القوس الحشوي الثالث وهكذا، وبتقدم عمر الجنين فإن الجيوب الخيشومية تفتح للخارج عند مكان التحامها بالأكتودرم ويكون عددها أربعة فتحات على كل جانب، يتبع ذلك تكوين الخياشيم الخارجية external gills على شكل قنوات أصبعية ممتلئة بالأوعية الدموية وفي أطوار متأخرة نلاحظ أن هذه الفتحات تنغلق مره أخرى في عملية التحول الشكلي للجنين.

التحول الشكلي Metamorphosis

يعتري جنين الضفدعة اليرقي نمو تدريجي حيث يزداد حجمه ويتغير شكله ويكون ذلك على مراحل تعرف من خلال الطور اليرقي فأبو ذنيبه طول ٣ ملم يحدث فيه التمايز الأولى بظهور بدايات الأعضاء ثم يليه ٥ ملم حيث تنمو فيه بدايات الأعضاء الرئيسية وتضاف إليه تكوينات جديدة مثل تكوين الأنبوبة القلبية وهكذا إلى ١٠ ملم حيث يكون قد تأسس فيه معظم الأعضاء. عندما يصل الجنين إلى توقف وعدم إضافة أي تكوينات أخرى تأخذ عملية جديدة في البدء بأن يتحول الجنين من الطور اليرقي إلى طور يماثل الأبوين ويصاحب ذلك تغير في الظروف البيئية فبتحول الجنين من الطور اليرقى إلى البالغ يتحول أيضاً من الحياة في الماء إلى الحياة على اليابسة، وكذلك فإنه في الطور اليرقي كان يتغذى على النباتات والعوالق المائية بينما يتغذى على الحشرات في الطور البالغ، وأهم ظاهرة يمكن ملاحظتها في التحول الشكلي هو اختفاء الذيل تماماً وانسداد الفتحات الخيشومية ومقابل ذلك فإن نموا وتمايز للأطراف يحدث ويتميز الجلد بكثرة غدده المخاطية والمصلية وللغدة الدرقية thyroid gland دور كبير في عملية التحول الشكلي وذلك من خلال هرمونها الذي تفرزه شكل (٧ : ٢٣).



شكل (٧ : ٢٣) يبين دورة حياة الضفدع الضفدع
المصدر: Wolpert L., (2002)

8

الباب الثامن

التكوين الجنيني المبكر للزواحف والطيور

EARLY DEVELOPMENT OF REPTILES & AVES

- تمهيد
- الجهاز التناسلي وتكوين الأمشاج
- تركيب البيض
- الأخصاب
- التفلج
- تكوين البلاستولا والجاسترولا
- مرحلة الخط الإبتدائي
- جنين عمره ٢٤ ساعة من التحضين
- التكوين الجنيني حتى ٣٣ ساعة من التحضين
- التكوين الجنيني حتى ٤٨ ساعة من التحضين
- تكوين الأغشية الجنينية في الرهليات

إن هناك بعض الاختلافات التي تميز طائفتي الأسماك والبرمائيات عن بقية الفقاريات العليا (الزواحف الطيور الثدييات) منها:

١. الظروف المعيشية والبيئة لكل منهما.

٢. يكون الإخصاب خارجيا في الأسماك والبرمائيات بينما يكون داخليا في بقية الفقاريات العليا.

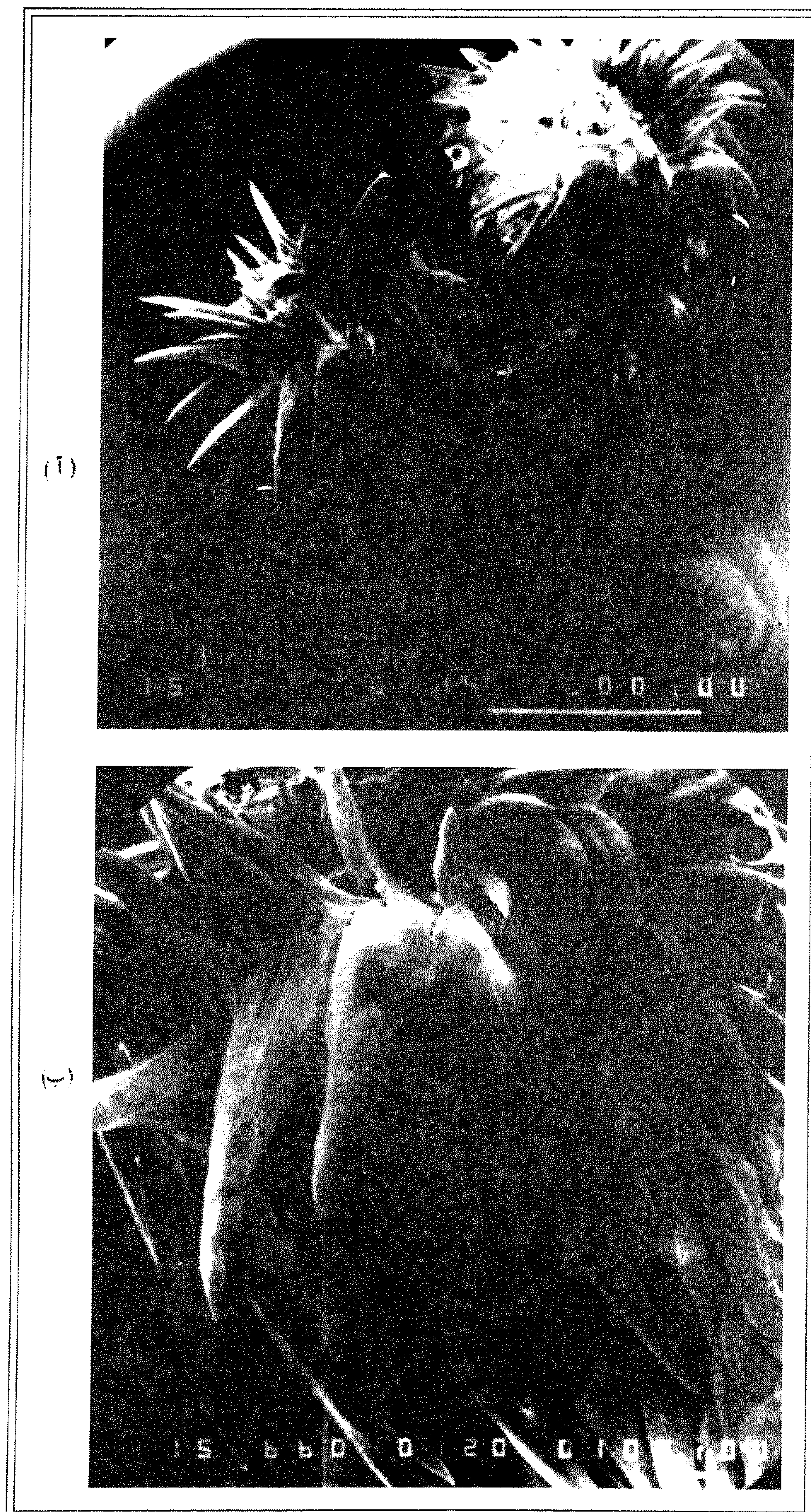
٣. تنمو أجنة الفقاريات العليا داخل البيضة أو في جسم الأنثى لذلك فإن الله قد وهب هذه الأجنة تنظيما خاصا يعوضها الوسط المائي الذي كانت تنمو فيه أجنة كل من الأسماك والبرمائيات يتمثل ذلك الوسط بوجود الاغشية الجنينية embryonic membranes وهى الرهل amnion ويمتلئ تجويف هذا الغشاء بسائل رهلي يحفظ الجنين من الجفاف، الكوريون chorion والغشاء المنباري allantois وكيس المح yolk sac

٤. بناء على وجود الرهل تتبع الزواحف والطيور والثدييات مجموعة الرهليات amniota وعلى عدم وجوده تتبع الأسماك والبرمائيات مجموعة اللارهليات anamniota.

٥. تحتاج أجنة كل من الطيور والثدييات إلى نوع من الرعاية الخاصة من الأبوين تتمثل في احتضان البيض في الطيور وحفظ الجنين داخل جسم الأنثى في الثدييات حتى تستمر رعاية الأم لجنينها إلى ما بعد فقس البيض أو ولادة الجنين.

الجهاز التناسلى وتكوين الأمشاج:

تشبه الزواحف البرمائيات في تركيب الجهاز التناسلي الذكري حيث إن الذكر له زوج من الحضى تختلف في حجمها من نوع لآخر، كما أنها قد تأخذ شكل بيضوي أو دائري وهي تقع داخل التجويف البطني وتتكون من أنيبيبات منوية طويلة تكون في أقصى نشاطها مواسم التزواج حيث تمتلئ تجاويفها بالحيوانات المنوية ثم يقل نشاطها بعد ذلك ويوجد للثعابين والسحالي تركيب غدي عند جدار المذاق يفرز بعض الإفرازات على السائل المنوي وحيث إن قشرة البيض في الزواحف تتكون داخليا أصبح الإخصاب الداخلى وضع لامناص منه في هذه الحيوانات وهذا يتحقق بوجود عضو للجماع copulatory organ وهناك نوعان من الأعضاء للجماع في الزواحف:



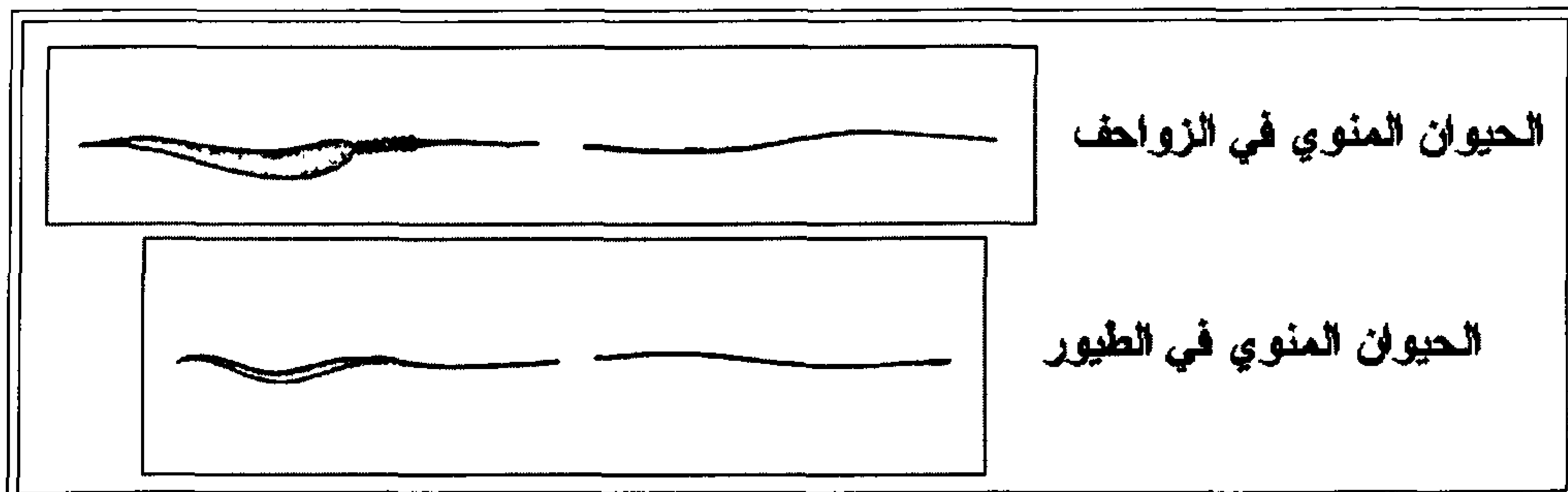
شكل (٨ : ١ أ) صورة بالمجهر الالكتروني توضح عضوي الجماع في الثعابين
المصدر: S. Karim, (1998)

أ- عضو الجماع العادي (القضيب) penis كما في حالة السلاحف والتماسيح.

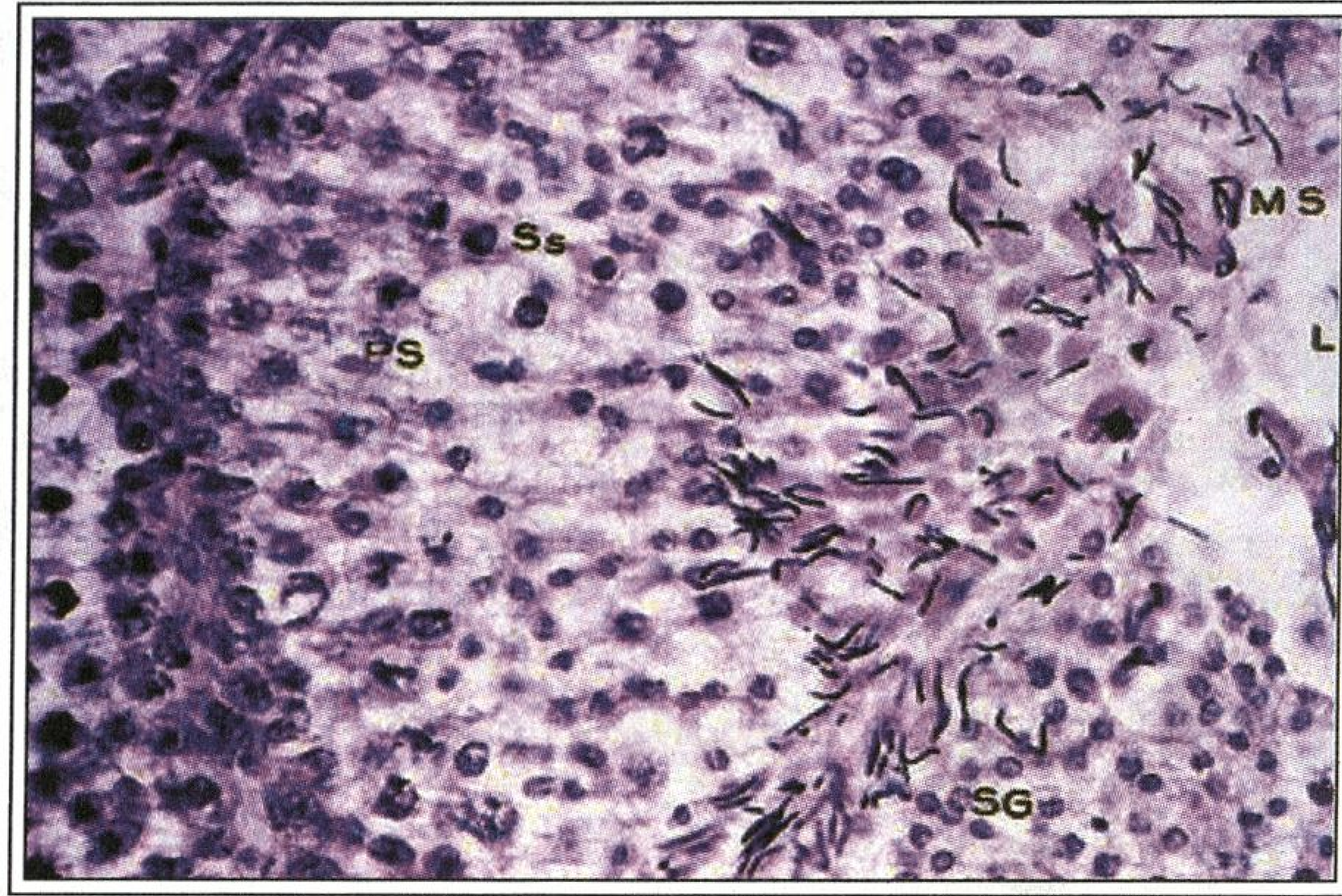
ب. عضوان للجماع في آن واحد يسميان تجاوزا hemipenis كما في حالة السحالي والثعابين ولا يستخدم إلا واحد منهما فقط بحسب الوضع الذي يلتقي فيه الذكر بالأنثى ويكون موضعهما على جانبي قاعدة الذيل وكل واحد منهما ذو تركيب أنبوبي بداخله ميزاب لنقل السائل المنوي والسطح الخارجي مغطى بأشواك ونتواءات مرتبة يعكس اتجاه الدخول حول التركيب الأنبوبى ووظيفة الأشواك هي تثبيت عضو السفاد بمذرق الأنثى حتى ينتهي الذكر من إفراغ السائل المنوي ثم بعد ذلك ينكمش العضو وتنكمش الأشواك فيسهل إخراجه من مذرق الأنثى وذلك لندرة التقاء الذكر بالأنثى والحيوانات المنوية في الزواحف يمكن أن تبقى لمدة طويلة (من شهور إلى سنوات) في تراكيب خاصة بقناة البيض دون أى ضرر وهذا تعويض آخر يغطى قلة لقاء الذكر بالأنثى في كثير من الزواحف والحيوان المنوي في الزواحف يكون ذو شكل أسطواني مستدق من الأمام (شكل ٨ : ١ أ).

يشبه الجهاز التناسلي الذكري في الطيور مثيله في الفقاريات شكل (٨ : ١ ب، ج) والحيوان المنوي طويل جدا وأسطواني الشكل ويبلغ طوله ٠,٠٥ ملم وعندما يصل الديك إلى عمر خمسة أشهر تقريبا بعد الفقس فإنه تتكون لديه القدرة على الإخصاب.

يتكون الجهاز التناسلى في أنثى الزواحف من المبيضين اللذين تكون لكل منهما القدرة على تكوين ما بين بيضة واحدة إلى أكثر من أربعين بيضة دفعة واحدة وكذلك توجد قناتى البيض أما في أنثى الطيور فيحدث ضمور لكل من القناة البيض اليمنى والمبيض الأيمن



شكل (٨ : ١ ب) يبين شكل الحيوان المنوي في الزواحف والطيور



شكل (٨ :١ج) قطاع عرضي في خصية طائر في موسم التزاوج يبين كثرة الحيوانات المنوية حيث تظهر كل من أمهات المني (SG)، الخلايا المنوية الأولية (PS)، الخلايا المنوية الثانوية (Ss)، والاطلائع المنوية الناضجة (MS)، تكبير 800X
المصدر: www.people.eku.edu

ويبقى المبيض الأيسر فعالا في تكوين البويضات وتتركب قناة البيض في الدجاج شكل (٨: ٢، ٨ : ٣) من:

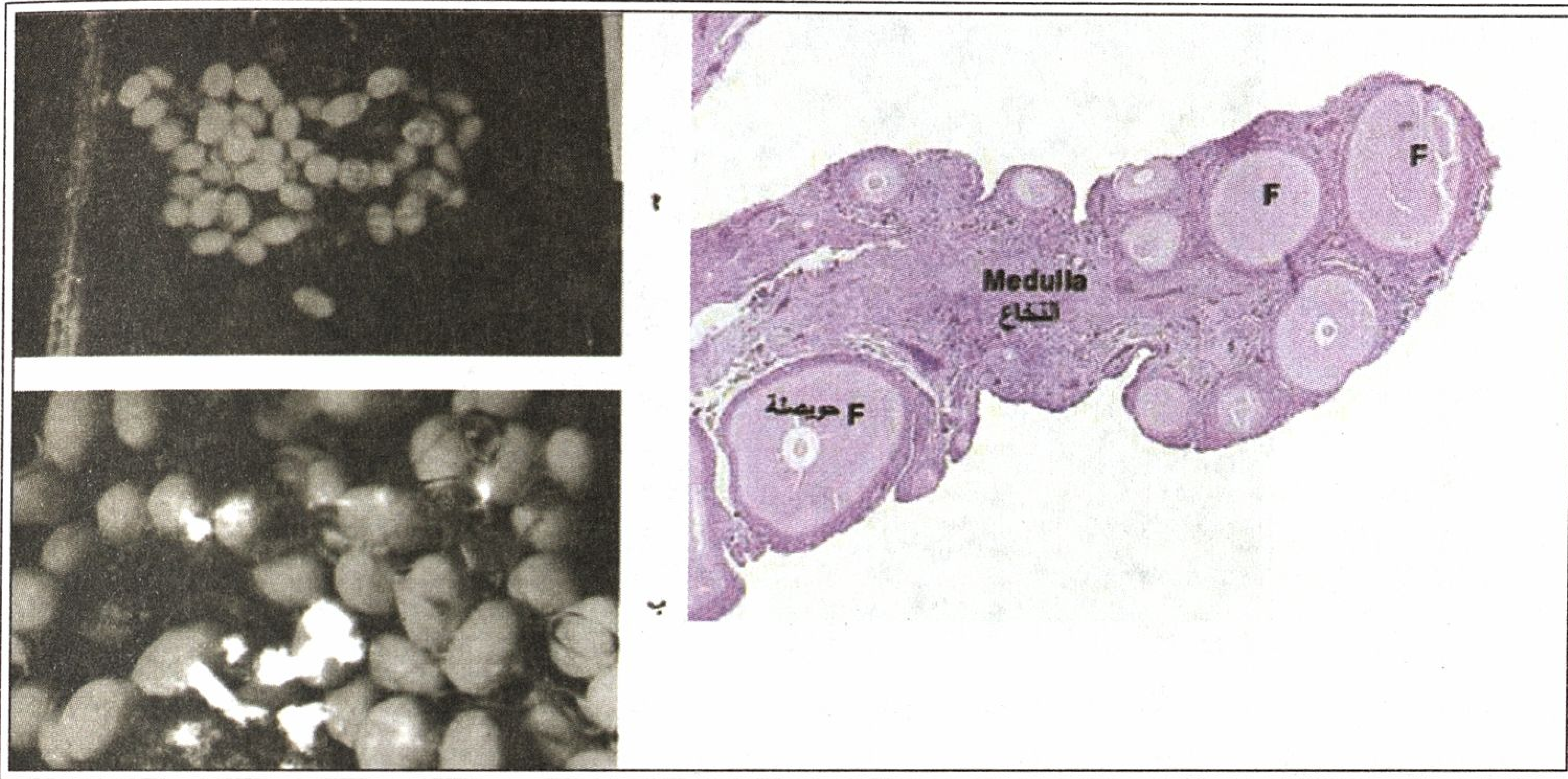
١. القمع infundibulum وهو الجزء العلوي الشبيه بالقمع ويتميز بوجود الأهداب.

٢. الجزء الغدى magnum وهو الامتداد الخلفي للقمع إلى نصف القناة تقريبا وجداره يقوم بإفراز الزلال حول البويضة القادمة من القمع وحيث إن جداره كذلك على شكل ميازيب لولبية فإنه يعمل أيضا على التفاف الزلال على الجانبين وتكوين ما يعرف بالكلازا chalaza التي تعمل على حفظ البويضة في وضع مركزي.

٣. البرزخ isthmus وهو جزء غدى آخر يقع في الخلف من الجزء السابق وهو المسؤول عن تكوين الغشائين القشريين.

٤. الرحم uterus ويسمى تجاوزا بالرحم وهو جزء غدي ثالث في قناة البيض على شكل كيس (منتفخ) ومسؤول عن تكوين القشرة الكلسية ليعطي البيضة شكلها المحدد.

٥. المهبل vagina وهو الجزء النهائي للقناة وهو مجرد معبر تمر من خلاله البيضة بعد اكتمال تكوينها إلى الخارج.



شكل (٨ : ٢) الشكل على اليمين يبين قطاع في جزء من مبيض الدجاجة حيث تظهر الحويصلات التي تتكون بها البويضات تكبير 20X، المصدر: www.education.vetmed.vt .edu

الشكل على اليسار يبين تكوين ٤٠ بيضة في انثى واحدة من الحرابي:

(أ) حرباء مشرحة لاظهار وفرة البيض بقناني البيض

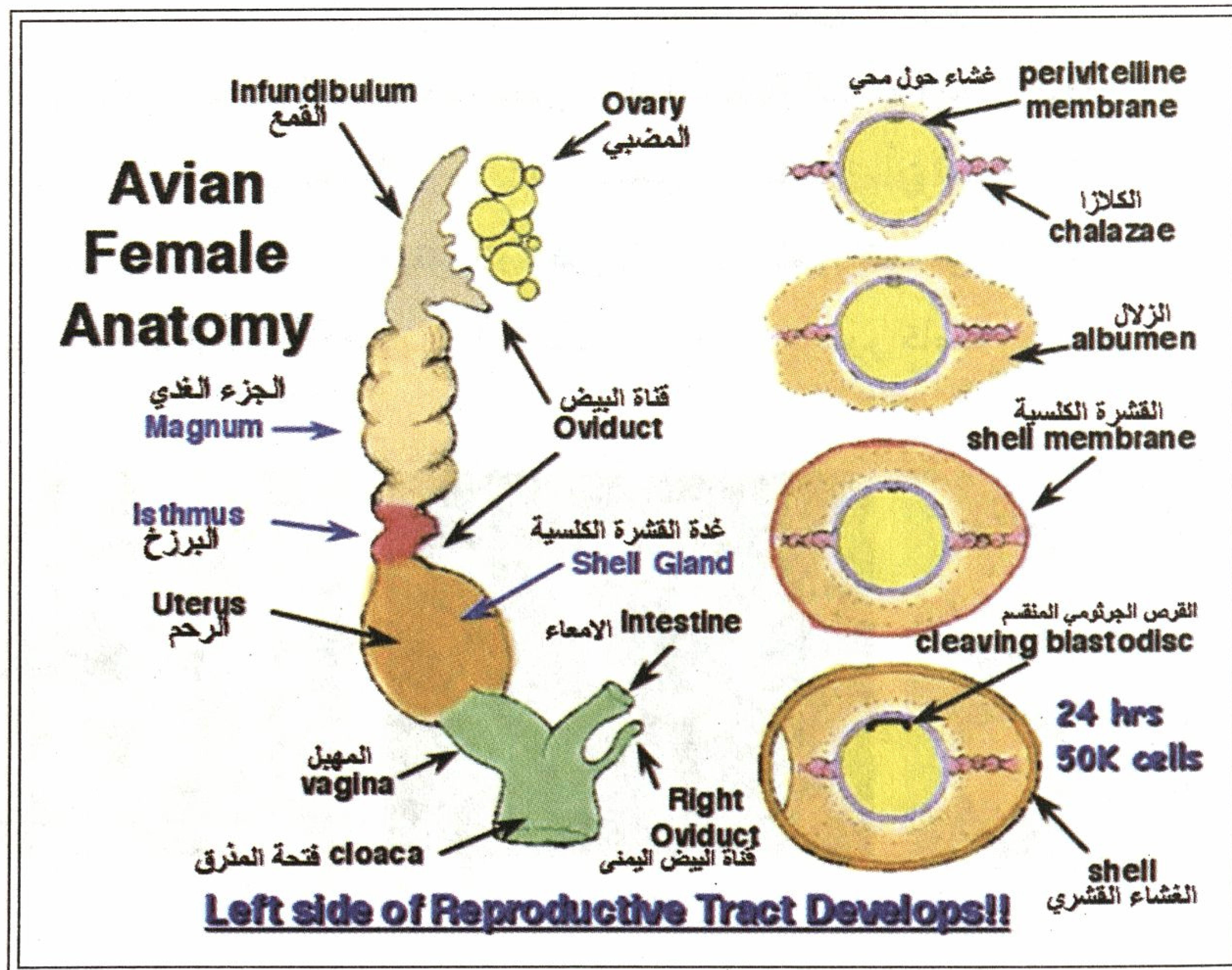
(ب) جزء مكبر من التشريح لاظهار شكل البيض

تركيب البيض egg structure

تتكون البيضة في كل من الزواحف والطيور من خلية تناسلية كبيرة لما تختزنه من مواد غذائية متمثلة في المح إضافة إلى وجود تراكيب إضافية مثل الزلال والغشاءان القشريان والقشرة الكلسية (شكل ٨ : ٥ أ) وكما هو ملاحظ فإن السيتوبلازم هنا عبارة عن مح تماما ماعدا جزء بسيط يعلو المح يعرف بالسيتوبلازم النشط active cytoplasm أو القرص الجرثومى blastodisc

يترسب المح في البويضات بعد تصنيعه في كبد الأم ونقله بواسطة تيار الدم إلى الخلايا الحويصلة الحاضنة للبويضة والتى عن طريقها يتم توصيل حبيبات المح على شكل طبقات متبادلة لنوعين من المح أحدهما المح الأبيض white yolk والآخر المح الأصفر yellow yolk (شكل ٨ : ٥ أ) ويمكن التفريق بينهما بحجم حبيباتهما حيث إنها صغيرة في الأبيض وكبيرة في الأصفر وبالرغم من أن الشكل المظهري للمح بأنه أصفر ألا أن هناك بعض أنواع من البيض يكون المح فيه ذو لون قرمزي أي برتقالى محمر ومعلوم أن الغذاء له دور في لون المح إلا أنه ليس هو وحده المسؤول عن لون المح في البيض ويحيط

بالتركيب الأساسي للبويضة (الغشاء المحي المح النواه) الزلال وهناك أربع طبقات للزلال وهو يتكون من جزء لزج وآخر جلاتيني أكثر كثافة، ويحيط بالزلال الغشائين القشريين ويوضح شكل (٨ : ٥ ب) أحد الغشائين القشريين بالمجهر الإكترونى حيث يتكون من ألياف تتقاطع مع بعضها البعض تاركة فيما بينها ثقوب مجهرية دقيقة وفي النهاية المفلطحة للبيضة يلاحظ وجود غرفة هوائية تفصل بين هذين الغشائين ويغلف كل التراكيب الماضية قشرة كلسية egg shell وهى مسامية تسمح للجنين بتبادل الغازات مع الهواء الخارجى بواسطة الأغشية الجنينية الوعائية المتخصصة وهى تتركب أساسا من الأملاح الكلسية. البيض ذو أشكال مختلفة وأحجام متفاوته تتراوح ما بين (٠,٢٥-٨,٦بوصة) وعادة ما يكون شكل أى بيضة أحد الأشكال الموجودة في الرسم التخطيطى في شكل (٨ : ٤ ج) تضع كثير من الطيور بيضها في عشش (شكل ٨ : ٤ ب) لتحتضنه بعد ذلك فترة من الزمن حتى يفقس ويحمل البيض الذى يوضع على الأرض العارية عادة ألوانا ونقشا له الحماية (شكل ٨ : ٤ أ) وتعتمد سلامة البيض في العش على إخفاء العش نفسه أكثر مما تعتمد على ما يحمله البيض من ألوان تضاهى البيئة.



شكل (٨ : ٣) يبين تركيب الجهاز التناسلي في الطيور

المصدر: www.people.eku.edu

الإخصاب fertilization

لا يختلف الإخصاب في كل من الزواحف والطيور عن مثيله في كل من السهيم والبرمائيات إلا أن البويضة قد يدخلها في كثير من الأنواع عدد من الحيوانات المنوية بدلا من حيوان منوى واحد وبالرغم من ذلك فإنه لا تتحد سوى نواة حيوان منوى واحد مع نواة البويضة، وكما ذكرنا فإن الإخصاب يتم داخل جسم الأنثى بدلا من الوسط الخارجى وفى حالة الدجاج يلتقى أثناء الجماع مذرق الأنثى بمدرق الذكر فتنتقل الحيوانات المنوية إلى مهبل قناة البيض البيض وتواصل رحلتها إلى الجزء العلوى من القناة حيث تمكث هناك في انتظار مرور البويضات لإخصابها وعند دخول البويضة إلى قناة البيض تكون مستعدة لانقسام النضج الأول ويتكون الجسم القطبي الأول والخلية البيضة الثانوية وسرعان ما تستعد الأخيرة لانقسام النضج الثاني الذي يتم بمجرد دخول الحيوان المنوى وينتج عن ذلك بويضة ناضجة وجسم قطبي ثاني.

التفلج Cleavage

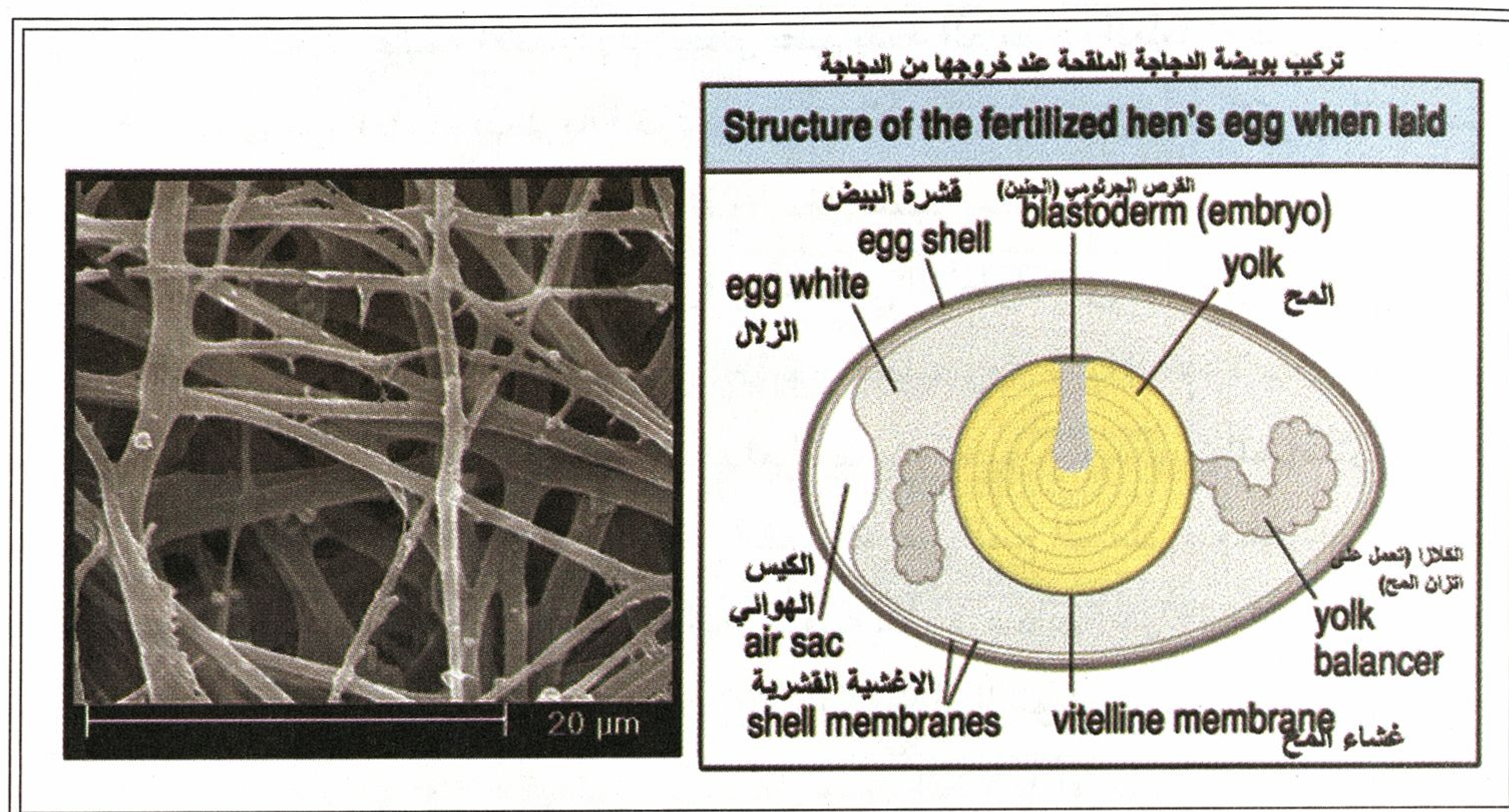
يقتصر التفلج في بيض كل من الزواحف والطيور على السيتوبلازم النشط (القرص الجرثومي) لأن كتلة المادة المحية تعيق تماما عملية النفلج ويبدأ التفلج الأول بواسطة شق صغير في المركز يقسم القرص الجرثومي رأسيا دون أن يقطعه كله وتتكون خليتين ليستا تامتي التحديد إذ إن السيتوبلازم في كل منهما على اتصال بالآخر ثم يحدث التفلج الثاني بواسطة شق عمودي على الاول فتتكون أربع خلايا غير كاملة التحديد أيضا ويحدث



شكل (٨ : ٤) شكل (أ) يوضح الانواع المختلفة لبيض الطيور
المصدر: www.skullsunlimite.com

شكل (ب) يبين عناية الطيور بالصغار وهذه من مميزات الرهليات، مأخوذة المصدر: www.biocourse.com

شكل (ج) رسم تخطيطي يوضح الاثنى عشر شكلا الموجودة في بيض الطيور



شكل (٨ : ٥ أ) يبين تركيب البيضة
المصدر: Wolpert L. (2002)

شكل (٨ : ٥ ب) يبين تركيب القشرة الكلسية
المصدر: www.newcastle.edu.au

التفلج الثالث بانقسامين يوازيان الأول وتتكون ثمانية فلجات ثم الرابع وتتوالى انقسامات خلوية بعد ذلك غير منتظمة تؤدى إلى تكوين التوتية morula وتكون عبارة عن كتلة من الخلايا شبيهة بالقرص تتألف من بضع طبقات من الخلايا تسمى blastoderm (شكل ٨ : ٦ أ) وتتميز الخلايا الوسطية في هذه الأدمة بأنها أصغر حجما وتكون محددة بينما الخلايا المحيطية تكون مسطحة وأكبر حجما وتكون مرتبطة بما تحتها من المح.

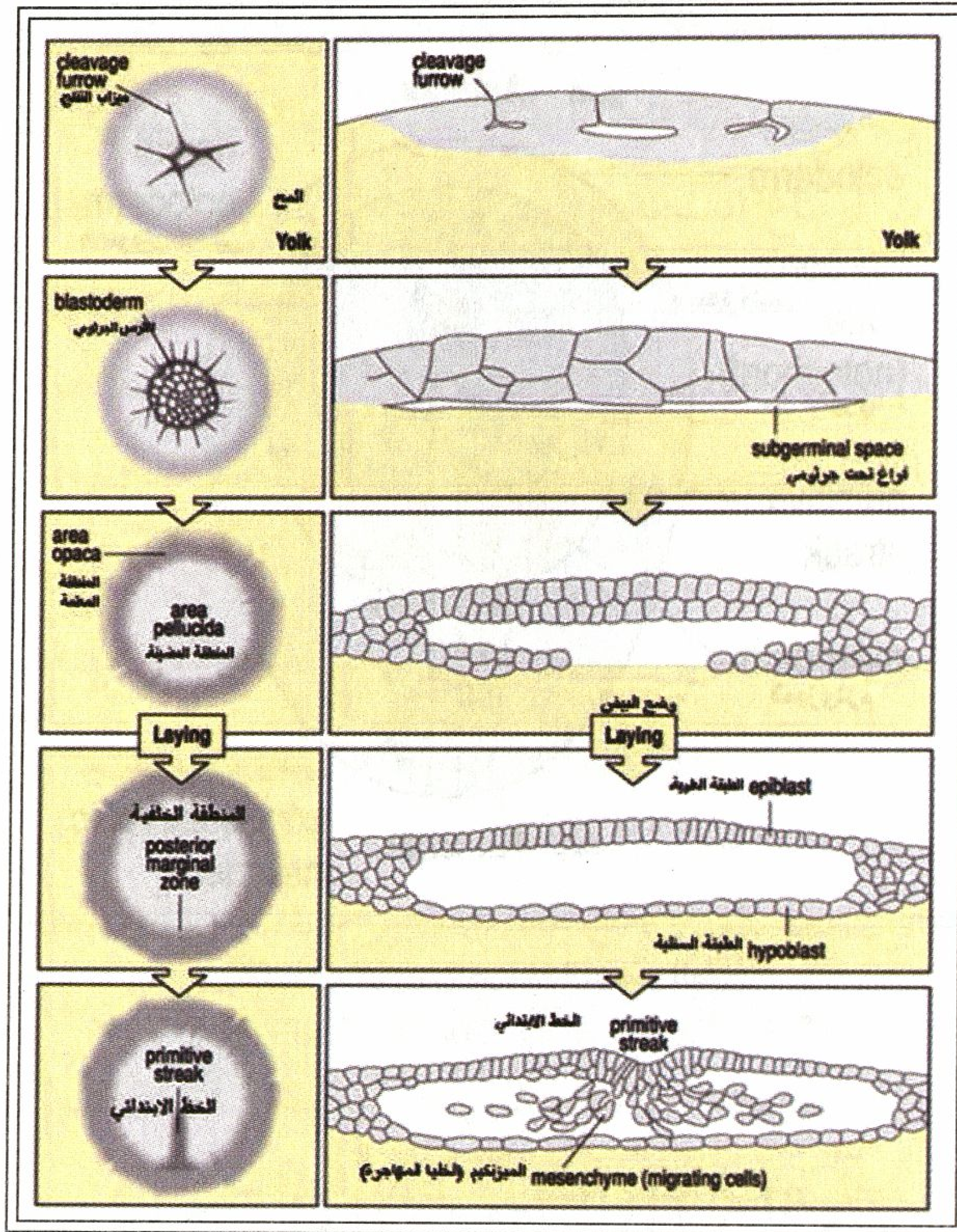
تكون البلاستولا والجاسترولا
Blastula Development and Gastrulation

تتكون البلاستولا نتيجة انفصال المنطقة الوسطية من الأدمة الجرثومية عما تحتها من المح حيث يظهر نتيجه لهذا الانفصال تجويف وسطي يطلق عليه تجاوزا تجويف البلاستولا ويلاحظ أن هذه المنطقة تعطي انعكاسا ضوئيا أكثر من المنطقة المحيطة حولها لذلك يطلق عليها اسم المنطقة المضيئة area pellucida أما المنطقة التي حولها تكون جهة المح فتبدوا أنها اكثر عتامة وتسمى المنطقة المعتمة area opaca (شكل ٨ : ٦ أ).
وكان النقاش يدور طويلا حول كيفية تكوين الجاسترولا في الزواحف والطيور حيث إنه كان يعتقد في البداية أن تكوينها يعتمد على انفصال الطبقة الداخلية من الأدمة الجرثومية عن

بقية الطبقات لتكون طبقة الاندودرم ويطلق على بقية الطبقات العليا الاكتودرم ثم تقدم مجموعة أخرى من العلماء بنظرية أخرى وهى أن الأدمة الجرثومية بعد تكوين البلاستولا تنفصل في أحد الجوانب عن المح الواقع أسفل منها وينشط ذلك الجزء من الخلايا وتنقسم خلاياه انقسامات عديدة ومتتالية وتأخذ في الانطواء إلى الداخل لتكون طبقة من الخلايا تحصر فيما بينها تجويفا يسمى تجويف الجاسترولا (شكل ٨ : ٦ ب) ويتضح من خلال الدراسات التجريبية الحديثة واستخدام الأصباغ الحيوية أن تكوين الجاسترولا يعتمد على انطواء الخلايا من أحد الجانبين بعد انفصاله عن المح السفلي مع ملاحظة تساقط وهجرة بعض الخلايا العلوية في الأدمة الجرثومية لتأخذ مكانها بين الخلايا القادمة من أحد الجانبين وقد تحقق من ذلك بصبغ طبقات الخلايا العلوية ببعض الصبغات الحيوية مثل الأحمر المتعادل وتتبع سقوطها إلى أسفل حيث الخلايا الأخرى وبذلك فإن الطبقة السفلية المتكونة تنشأ أساسا من الخلايا الزاحفة والخلايا المتساقطة (شكل ٨ : ٦ ب). وسنكتفي فيما تبقى من الشرح بأخذ نموذج التكوين الجنيني في الدجاج بداية من تكوين الخط الابتدائي وحتى مرحلة تكوين الأغشية الجنينية وتأسيس أعضاء الجنين ويمكن تطبيق ما يذكر من شرح على بقية الأجنة في طائفتي الزواحف والطيور.

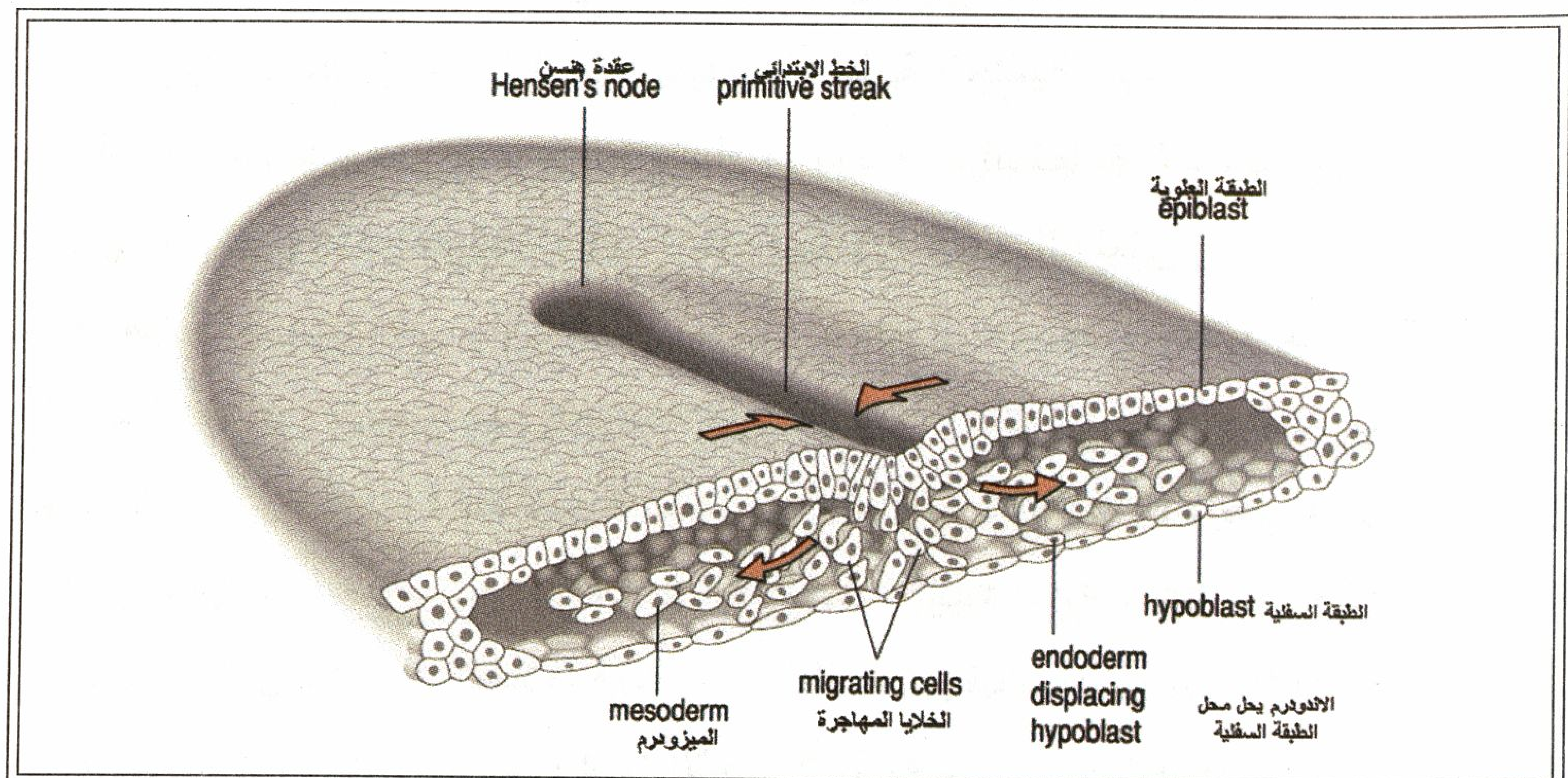
خريطة المصير في الطيور:

بتتبع تحرك الخلايا أثناء تكوين الخط الابتدائى primitive streak وذلك بعد صبغها فإنه يمكن ملاحظة أان كل التراكيب المحورية تقع في الجزء الخلفى من المنطقة الشفافة area pellucida ثم تهاجر إلى الأمام مع حركة الخلايا أثناء تكوين الخط الابتدائى ولذلك فإن تكوين الحبل الظهري يقع في بداية تكوينه في المنطقة الخلفية ثم يتحرك شيئا فشيئا إلى الأمام ليظهر أمام عقدة هنسن Hensen 's node مع نهاية تكوين الخط الابتدائي تكون منطقة الصفيحة العصبية في خريطة المصير على شكل مساحة عريضة من الاكتودرم والذى يمتد في شكل بيضاوي على جانبي الحبل الظهري وتشمل منطقة الميزودرم مساحتين مثلثتي الشكل على جانبي الخط الابتدائي وستعطي مستقبلا القطع العضلية ويظهر من الشكل أيضا وجود منطقة الاندودرم وتعرف بمنطقة المعي الأمامي وهي تتكون حول وأمام الخط الابتدائي على شكل حدوة الحصان وهي تمتد إلى أقصى الأمام مع امتداد الحبل الظهري، كما يمتد الجزء الخلفي ليسهم في تكوين القناة الهضمية شكل (٨ : ٧).



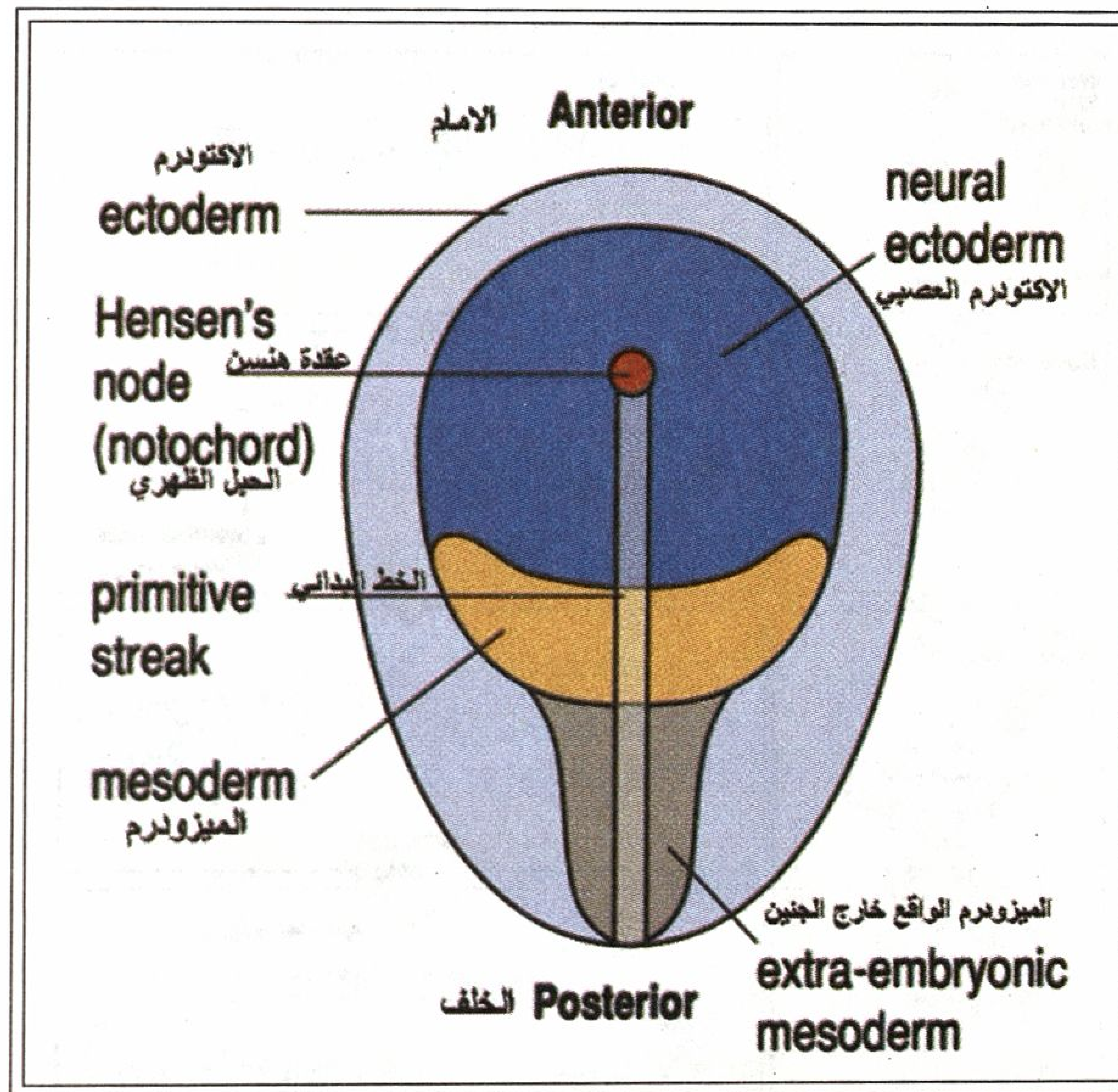
شكل (٨ : ٦ آ) يبين التفلج وتكوين الخط الابتدائي في جنين الدجاج

المصدر: Wolpert L. (2002)



شكل (٨ : ٦ ب) يبين تكوين الجاسترولا

المصدر: Wolpert L. (2002)



شكل (٨ : ٧) يبين خريطة المصير للطيور
المصدر: Wolpert L. (2002)

مرحلة الخط الابتدائي
Primitive streak stage

يظهرتكوين الخط الابتدائي على شكل جزء سميك في المنطقة الشفافة بعد حوالي ٣-٤ ساعات من التحضين وهذا الجزء يحدد المنطقة الخلفية للجنين مستقبلا بعد ثلاث ساعات (٦ ساعات من التحضين) يزداد تحديد هذه المنطقة السميكة حيث تزداد في الطول ثم تتدرج هذه الاستطالة في الوضوح بزيادة العمر الجنيني :٩، ١٠، ١١، ١٢، ١٦، ساعة من التحضين وقد تراكمت الخلايا على سطح البلاستودرم مكونة خط داكن يعرف بالخط الابتدائى وتسمى هذه المرحلة مرحلة الخط الابتدائي يمكن تميز هذا التركيب (شكل ٨ : ٦ أ، ٨ : ٦ ب) بالأخدوده الابتدائي primitive groove ويحيطه من الجانبين حافتان سميكتان تعرف بحافتي الخط الابتدائي primitive ridge وفي مقدمة الخط الابتدائي تتكون كتلة من الخلايا ذات سماكة أكبر تعرف بعقدة هسن Hensen's node وهذه العقدة ذات دور كبير في تكوين الأجنة الثانوية خلال الحث الجنيني تتخذ المنطقة الشفافة شكلا دائريا في البداية وفي نهاية تكوين الخط الابتدائي تتخذ شكلا بيضاويا،

وتقع نهاية الطرف الخلفي للخط الابتدائي تتخذ شكلا بيضاويا وتقع نهاية الطرف الخلفي للخط الابتدائي بالقرب من بداية المنطقة المعتمة بينما تقع بنهاية الطرف الأمامى في حدود ما يوازى ثلاث أرباع المنطقة الشفافة. وبتتبع أحد القطاعات العرضية للخط الابتدائي (شكل ٨: ٦ ب) يمكن ملاحظة طبقة خلوية علوية تسمى epiblast وطبقة خلايا سفلة تسمى hypoblast ومن منطقة الخط الابتدائي يلاحظ تحرك بعض الخلايا على الجانبين من الخط الابتدائي لتكون الطبقة الجرثومية الثالة (الميزودرم) وتكون الطبقة العلوية الاكتودرم بينما تعطى الطبقة السفلية الاندودرم.

ان اختيار مراحل جنينية للتكوين الجنيني للتوقف عندها ودراسة ما تم تكوينه من الأعضاء لا يعني أبدا أن تلك المراحل هي لحظات توقف في التكوين نفسه إنما سهولة تميز بعض الأعضاء في تلك المراحل وأيضا إمكانية تحديد العمر من خلال عدد القطع الجسمية somites بإضافة العدد إلى رقم عشرين فينتج العمر فمثلا جنين ٢٤ ساعة يكون به أربع قطع جسمية وهكذا... ذلك كله يساعد على تحديد مراحل بعينها يمكن خلالها إعطاء صف لكل مرحلة من هذه المراحل وستكون أجنة عمر (٤٨،٣٣،٢٤، ٧٢) ساعة من التحضين محل اختيار للدراسة التفصيلية هنا.

جنين عمره ٢٤ ساعة من التحضين

إن تتابع المراحل الأولية بعد الإخصاب ـ التفلج البلاستولا الجاسترولا يمكن تحديدها بأشكال نهائية للتكوين وبعمر زمني معين للجنين لكن الشكل النهائي لمرحلة تكوين الأعضاء organogenesis لا يمكن دراستها من خلال عمر واحد فقط للجنين أو بمعنى آخر من خلال مرحلة جنينية واحدة لذلك فإن أول ظهور لمثل هذه الأعضاء إنما يمثل مرحلة تأسيسية للجنين يتبعه بعد ذلك المراحل الإنمائية والبنائية لهذه الأعضاء وكذلك ما يتفرع عنها من تكوينات مختلفة ويمكن اعتبار مرحلة الخط الابتدائي وتكوين الجاسرولا مرحلة تأسيسة لأجنة الطيور وذلك إذا ما اعتبرنا أن بقية التكوينات تنطلق بعد هذه المرحلة حيث تظهر اللبنات الأولى لتكوين الأعضاء على شكل براعم أولية لا تكتمل صورتها في مرحلة جنينية واحدة فالمرحلة الأولى هنا هي تكوين الأعضاء وظهور براعمها وبداءتها بعد تأسيس الخط الابتدائي وحتى جنين عمره ٢٤ ساعة من التحضين وخلال هذه الفتره يمكن ملاحظة ما يلي:

١. الحبل الظهري Notochord

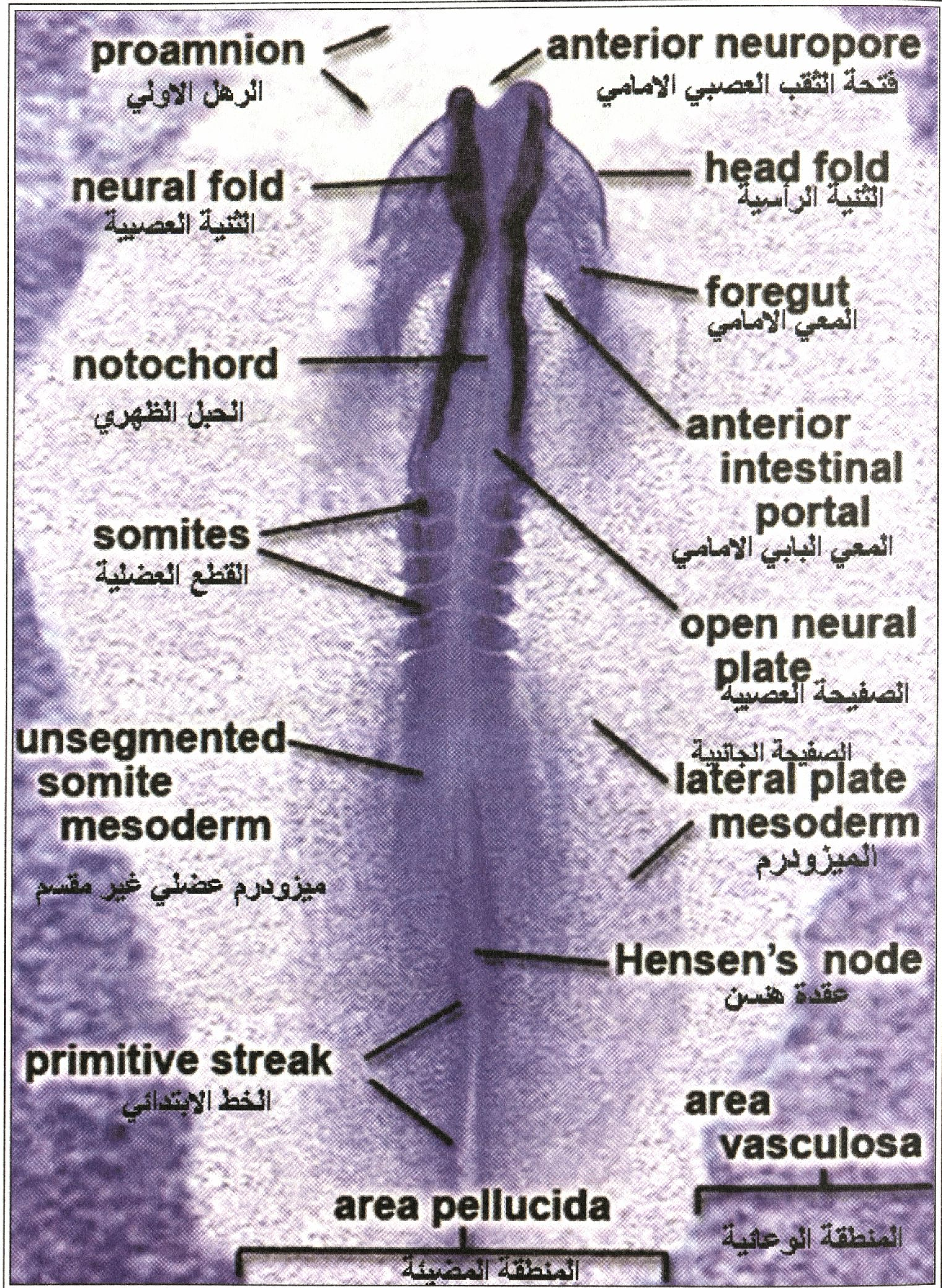
ينشأ الحبل الظهري في أجنة الزواحف والطيور من خلايا مهاجرة من عقدة هنسن إلى الأمـام لتعطي تركيبا جديدا ومتميزا يمتد باتجاه الأمـام في الخط الوسطى أمام العقدة نفسها يعرف بالحبل الظهري وعند تمام ٢٤ ساعة من التحضين يمكن مشاهدة الحبل الظهري واضحا في الخط المنصف للجسم عند الطرف الأمامى للخط الابتدائي ومحصورا بين النهايتين للثنيتين العصبيتين (شكل ٨ : ٨ أ، ب).

٢. الصفيحة العصبية Neural Plate

عند فحص جنين عمره ١٨ ساعة حضانة نلاحظ تكوين الصفيحة العصبية نتيجة زيادة سمك طبقة الاكتودرم الواقعة أمام عقدة هنسن ويعزى ذلك إلى سرعة انقسام الخلايا الاكتودرمية في تلك المنطقة ويتبع ذلك ارتفاع جانبي الصفيحة العصبية حيث تتكون كما في أجنة الضفادع الثنيتان العصبيتان وتحصران بينهما الأخدود العصبي neural groove (شكل ٨ : ٨ أ، ب) ويكون هذا الانثناء (الانطواء) واضحا في الجزء الأمامي من الجنين حيث تقترب الثنيتان من بعضهما في المنطقة التي تقع خلف الرأس ويزداد البعد بين هاتين الثنيتين كلما اتجهنا إلى الخلف.

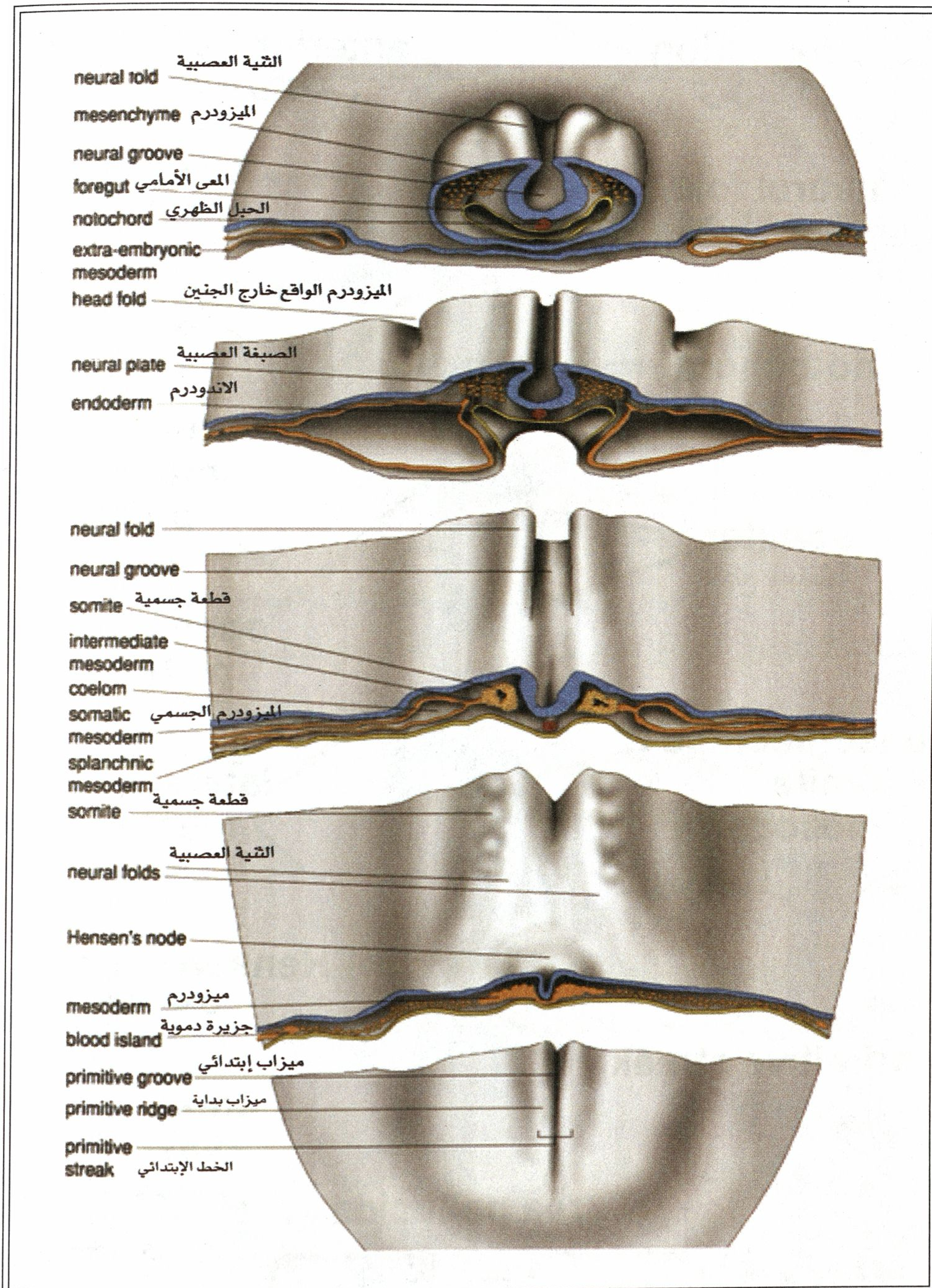
٣. الميزودورم Mesoderm

يسلك الميزودرم نظاما خاصا في انتشاره داخل المنطقة الشفافة حيث تمتد خلاياه على جانبي الخط الابتدائي وكذلك خلفه والأمامية ما عاد الجزء الأوسط من المنطقة الأمامية حيث تظهر أكثر شفافية تحت المجهر وذلك لخلوها من الخلايا الميزودرمية. تعرف هذه المنطقة كتسمية قديمة مصطلح عليها ـ اسم الرهل الأولي (شكل ٨ : ٨ أ) pro-amnion مع العلم أنه لا علاقة بينهما وبين تركيب الرهل ولا تدخل على الإطلاق في تركيبه وإنما كما أشرنا عبارة عن اصطلاح قديم على التسمية وقد استخدم للدلالة على التعريف بذلك الجزء الخالي من الميزودرم بعد تكوين الحبل الظهري فإن طبقات الميزودرم تتمايز على كل جانب إلى مناطقها الثلاثة المعروفة (الظهري، المتوسط، الجانبي) ويتمايز الجزء الواقع بالقرب من الحبل الظهري إلى كتل خلوية تعرف باسم القطع الجسمية somites ويبدأ ظهور أول قطعة جسمية في جنين عمره ٢١ ساعة من التحضين ثم يتوالى تكوينها واحدة تلو الأخرى بعلاقة طردية مع عمر الجنين (شكل ٨ : ٨ أ، ب) بحيث يمكن تحديد عمر الجنين من خلال عدد القطع الجسمية مضاف إلى العدد عشرين.



شكل (٨ : ٨أ) جنين دجاج عمره ٢٤ ساعة

المصدر: Tyler and Ronald (2006)



شكل (٨ :٨ ب) يبين تحميل كامل لجنين دجاج تم تحضينه ٢٤ ساعة

المصدر: Wolpert L., (2002)

٤. المعي Enetron

يرتفع اندودرم القرص الجنيني في أقصى المنطقة الأمامية ويتمد على شكل بروز يمثل تكوين الثنية الرأسية للجنين head fold ينتج عن ذلك تكوين تجويف على شكل جيب صغير يسمى الجيب المعوي Primitive gut ويكون هذه التكوين المعوي مغلق من الأمام ومفتوح من الخلف (شكل ٨ : ٨ أ، ب).

٥. الجزر الدموية Blood Islands

بتتبع نهايات الميزودرم الحشوي يمكن ملاحظة خلايا ميزودرمية (شكل ٨ : ٨ أ) مبعثرة عند نهاياته حيث تكون هي المؤشر الأول لتكوين الجزر الدموية الأولية وذلك بعد تمايزها إلى خلايا دموية لذلك يطلق على هذه المنطقة التي حول الجنين والتى تحتوى على هذه الجزر الدموية اسم المنطقة الوعائية area vasculosa.

التكوين الجنيني حتى ٣٣ ساعة من التحضين

من الآن فصاعدا يتخطى الجنين لفترة زمنية تظهر تغيرات أساسية على شكله وتكوينه تشمل بداءات وبراعم تكوينية جديدة ونمو وازدياد في الحجم لتكوينات سابقة والتكوين الجنيني بين ٢٤-٣٣ ساعة من التحضين يشمل تغيرا كبيرا في تكوين الجهاز العصبي المركزي والجهاز الوعائي (شكل ٨ : ٩) ويمكن تحديد أهم الأحداث خلال هذه الفترة بما يلي:

١. الجهاز العصبي المركزي:

خلال هذه الفترة تقترب الثنيتان العصبيتان أكثر فاكثر حتى تلتحم تماما وتكون على شكل أنبوبة عصبية neural tube ويمكن ملاحظة أن الأنبوبة العصبية ذات جزء أمامي متسع يعطى تكوين المخ وجزء خلفي ضيق يعطي تكوين الحبل الشوكي وفي نفس الوقت نفسه نلاحظ أن الاكتودرم السطحي الموجود فوق الأنبوبة العصبية يأخذ في الالتحام والمخ في هذه الفترة يظهر عليه التمايز المعروف بأن يعطي الثلاثة أجزاء الرئيسية وهي:

أ. المخ الأمامي prosencephalon or fore brain وهو الجزء الأمامي من المخ وأوسع منطقة فيه.

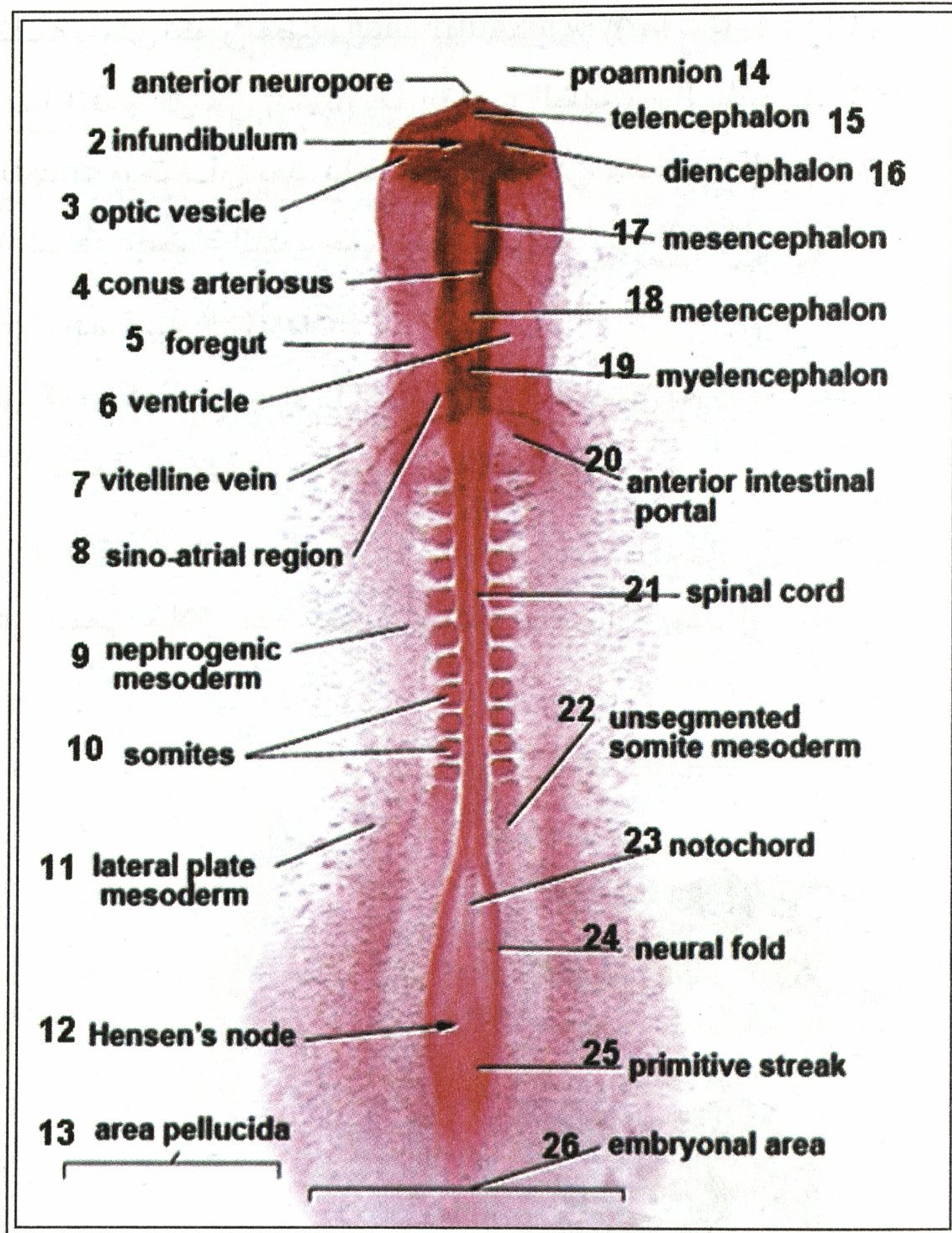
ب. المخ المتوسط mesencephalon or mid brain وهو الجزء الذي يقع خلف الجزء الأمامي مباشرة وهو أقل اتساعا منه.

ج. المخ الخلفي rhombencepalon or hind brain ويأتي خلف المخ المتوسط وينفصل عنه بتحضر واضح وهو جزء أضيق من الجزئين السابقين.

يظل المخ في أقصى النهاية الأمامية مفتوحا بفتحة تسمى الفتحة العصبية الأمامية anterior neuropore وتستمر هذه اا لفتحة حتى عمر ٣٣ ساعة من التحضين حيث تبدأ بعد ذلك بالانغلاق بينما تظهر نهاية الحبل الشوكي (الأنبوبة العصبية) مفتوحة وتسمى هذه المنطقة باسم الجيب المعيني sinus rhomboicallis وهي تقابل في أجنة السهيم والبرمائيات ما يعرف بالقناة العصبية المعوية إلا أنها هنا تفتح إلى الخارج بينما في أجنة السهيم والبرمائيات تصل الأنبوبة العصبية بالمعى. أثناء تكوين الأنبوبة العصبية يلاحظ وجود كتلة خلوية على جانبي الاكتودرم المقتطع لتكوين الأنبوبة العصبية تنفصل هذه الكتلة عن كل من الاكتودرم السطحي واكتودرم الأنبوبة العصبية وتتفكك هذه الكتلة الخلوية إلى خلايا تعرف باسم خلايا الحيد العصبي neural crest cells خلال هذه الفترة من عمر الجنين وفي أعمار متقدمة تتجه هذه الخلايا على الجانبين حيث تهاجر على جانبي الحبل الشوكي لتعطي تكوين العقدة العصبية.

٢. الجهاز الوعائي Vascular System

هذه الفترة من عمر الأجنة هي الفترة الحقيقة لملاحظة تكوين القلب وبتتبع ودراسة القطاعات العرضية مع مقارنة ذلك للأجنة الكاملة (شكل ٨ : ٨،١٠ : ١١) يمكن معرفة تكوين القلب لهذه الأجنة فجنين عمره ٢٥ ساعة من التحضين يبين أن جدار الميزودرم الحشوي في الجهتين يكون سميكا خاصة في الجزء البعيد عن الميزودرم الجسمي وهذا الجزء من الميزودرم الحشوي تكون خلاياه ذات نشاط انقسامي وتكاثر سريع وحول هذه المنطقة توجد مجموعة من الخلايا المفككة سرعان ما تنتظم هذه المجموعة من الخلايا على كل جانب. يتضح تكوينها كأنبوبة ذات صف واحد من الخلايا في جنين عمر ٢٦ ساعة من التحضين وهذه الأنبوبة تمثل الطبقة القلبية الداخلية أو ما يسمى بالشغاف endocardial primordium يزداد سمك الميزودرم الحشوي في الجزئين المذكورين سابقا ويحيط كل جزء منهما حول الأنبوبة القلبية البدائية المتكونة على كل الجانب، تقترب بعد هاتان الأنبوبتان نحو بعضهما البعض وكلما تقدم عمر الجنين ساعات كلما ازداد هذا الاقتراب. في جنين عمره ٢٩ ساعة يختفي الجدار الفاصل بين هاتين الأنبوبتين ويشكل اندماجهما أنبوبة قلبية واحدة هي أنبوبة القلب ويلاحظ أن الميزودرم الذي حول



شكل (٨ : ٩) تحميل كامل لجنين دجاج تم تحضينه ٣٢ ساعة ويظهر في الشكل التراكيب التالية:

١. الفتحة العصبية الامامية	٢. القمع	٣. الحوصلة البصرية
٤. المخروط الشرياني	٥. المعي الأمامي	٦. البطين
٧. الوريد المحي	٨. المنطقة الجيبية الأذينية	٩. الميزودرمي الكلوي
١٠. القطع الجسدية	١١. صفيحة الميزودرم الجانبية	١٢. عقدة هنسن
١٣. المنطقة المضيئة	١٤. الرهل الأولي	١٥. الدماغ الانتهائي
١٦. الدماغ البيني	١٧. المخ المتوسط	١٨. الدماغ البعدي
١٩. الدماغ الميليني	٢٠. الباب المعوي الامامي	٢١. الحبل الشوكي
٢٢. ميزودرم غير مقسم لقطع جسمية	٢٣. الحبل الظهري	٢٤. الثنية العصبية
٢٥. الخط البدائي	٢٦. المنطقة الجنينية	

المصدر: Scott F. Gilbert's, (2006)

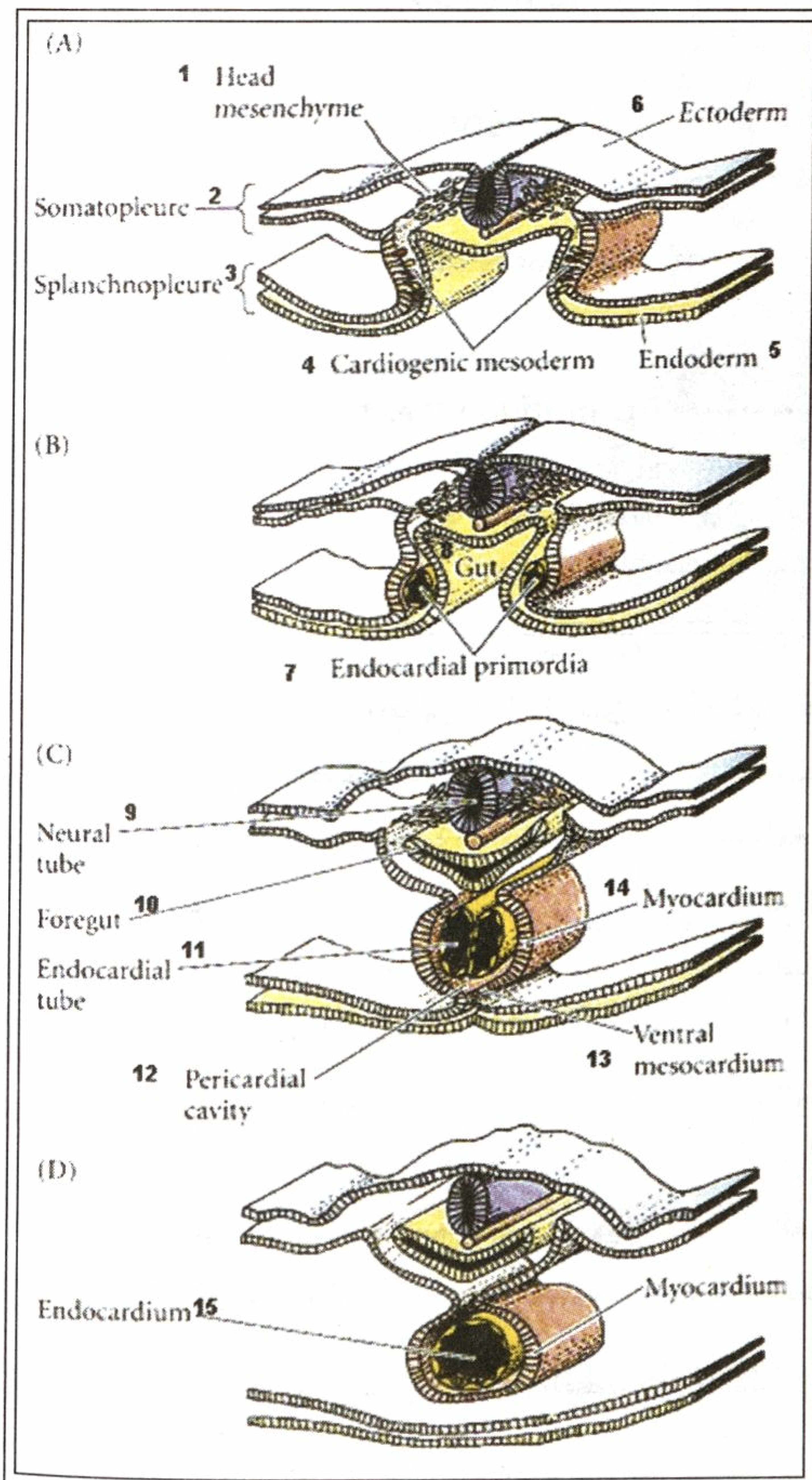
الأنبوبة القلبية يعطي تكوين عضلة القلب myocardium (شكل ٨ : ١٠) ويظهر من الشكل أيضا في هذا العمر كل من المساريقا القلبي: الظهري والبطني dorsal and ventral mesocardium ويختفيان بعد ذلك وكذلك يمكن مشاهدة الجيلاتين القلبي cardic jelly بين الشغاف وعضلة القلب حيث يعمل على تماسك الشغاف مع عضلة القلب.

٣. القطع الجسمية somites

يبدأ تكوينها كما ذكرنا في جنين ٢١ ساعة من التحضين ثم يأخذ العدد بالازدياد إلى أن يصل إلى ١٣ قطعة جسمية في جنين عمر ٣٢ ساعة.

٤. المعي Enteron

لا يطرأ على المعي خلال هذه الفترة أي تغير سوى أنه يمتد إلى الخلف أكثر ويستطيل أكثر فقط.



شكل (٨ : ١٠) يبين تكوين القلب ويظهر في الشكل التراكيب التالية:

١. ميزنكيم رأسي
٢. الورقة الجسدية
٣. الورقة الحشوية
٤. الميزودرم الوعائي
٥. الاندودرم
٦. الاكتودرم
٧. الشغاف البدائي
٨. المعي
٩. الأنبوبة العصبية
١٠. المعي الامامي
١١. أنبوب الشغاف
١٢. تجويف التامور
١٣. مساريقا القلب البطنية
١٤. عضلة القلب
١٥. بطانة القلب

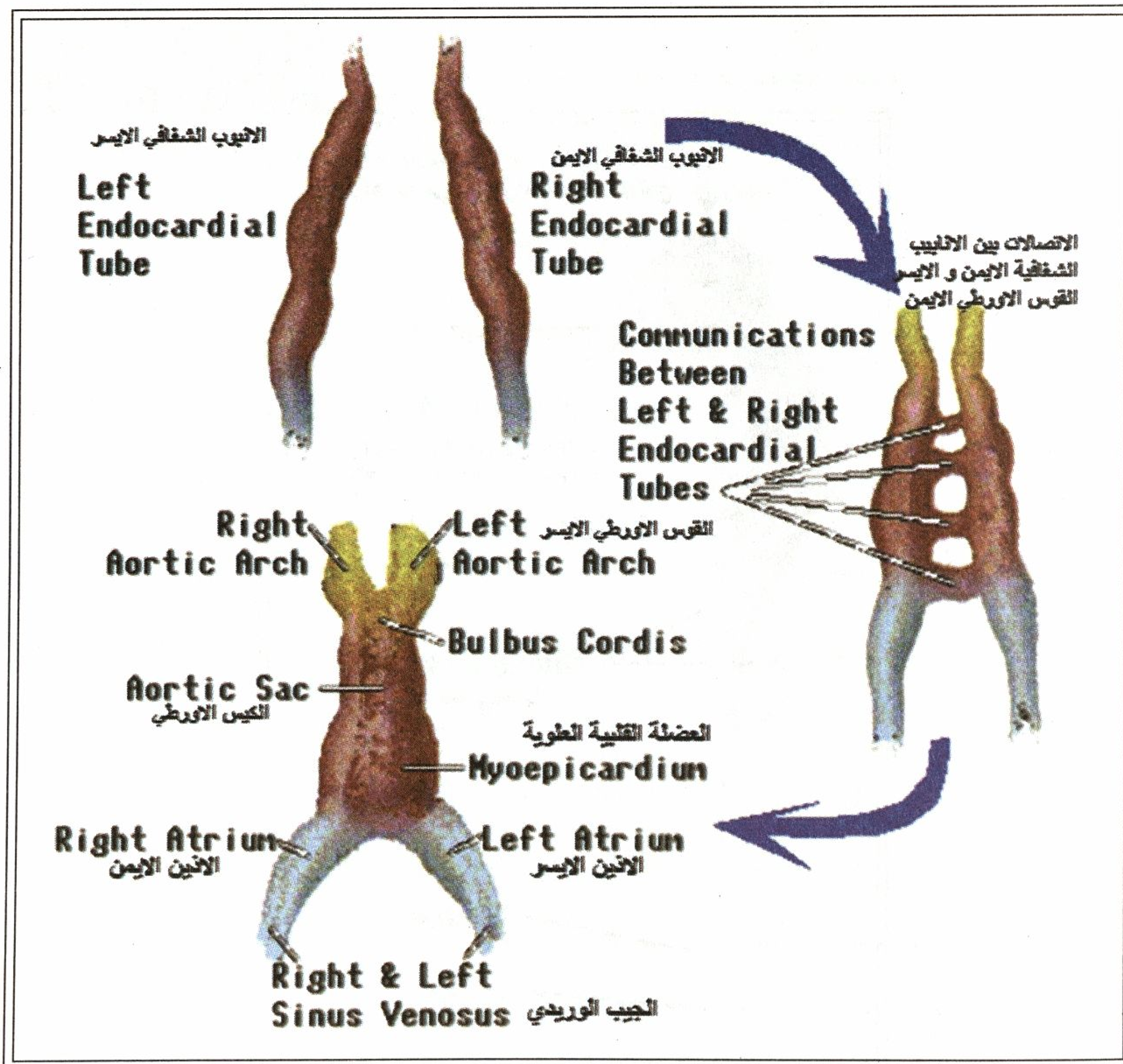
المصدر: Scott F. Gilbert (2006)

التكوين الجنيني حتى ٤٨ ساعة من التحصين

الجنين خلال هذه الفترة يفقد تماثله الجانبي نتيجة الالتواء flexion للمنطقة الأمامية وكذلك أنحاء الرأس torsion إلى الناحية البطنية ويرقد الجنين على جنبه الأيسر، وأهم الأحداث الرئيسية حتى هذا العمر هي:

الجهاز العصبي المركزي:

يتمايز المخ الأمامي إلى قسميه المعروفين: المخ الطرفي telencephalon والمخ البيني diencephalon، ويبقى المخ المتوسط على حاله حيث لا يطرأ عليه تجزئة بينما يتمايز المخ الخلفي إلى كل من المخ البعدي meten-cephalon والمخ النخاعي Myelen .cephalon



شكل (٨ : ١١) يبين تكوين القلب

المصدر: www.user.gru.net

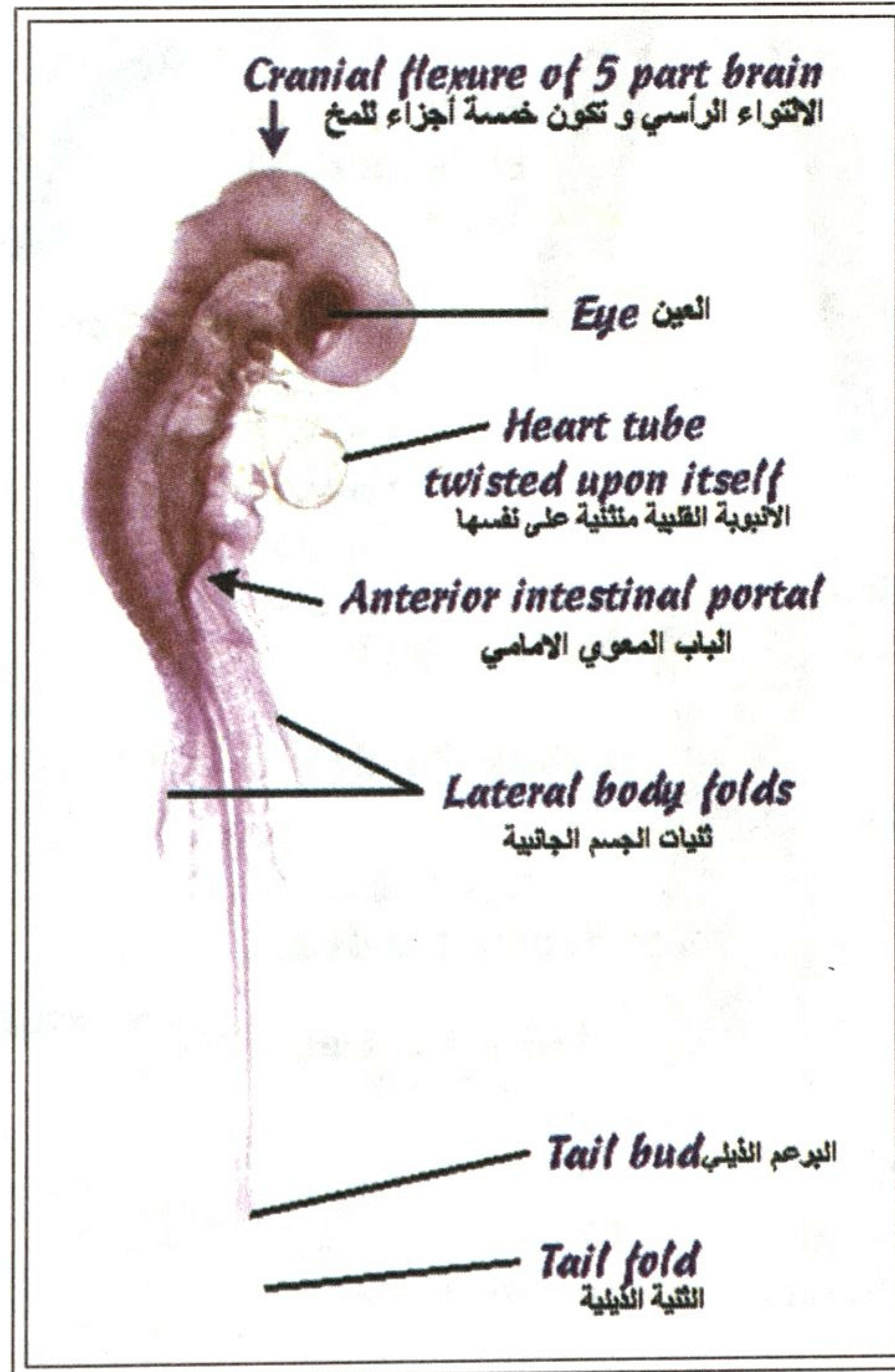
أعضاء الحس:

الحوصلتان البصريتان تتكونان من المخ الأمامي لتعطيا تكوين الكأسين البصريتين وتتكون عدسة العين من الأكتودرم الموجه وذلك بنفس طريقة تكوين العين في الضفدعة، وكذلك تتكون النقرة السمعية the auditary من المخ الخلفي لتعطي تكوين الأذن بنفس الطريقة السابقة الذكر في الضفدعة.

المعي:

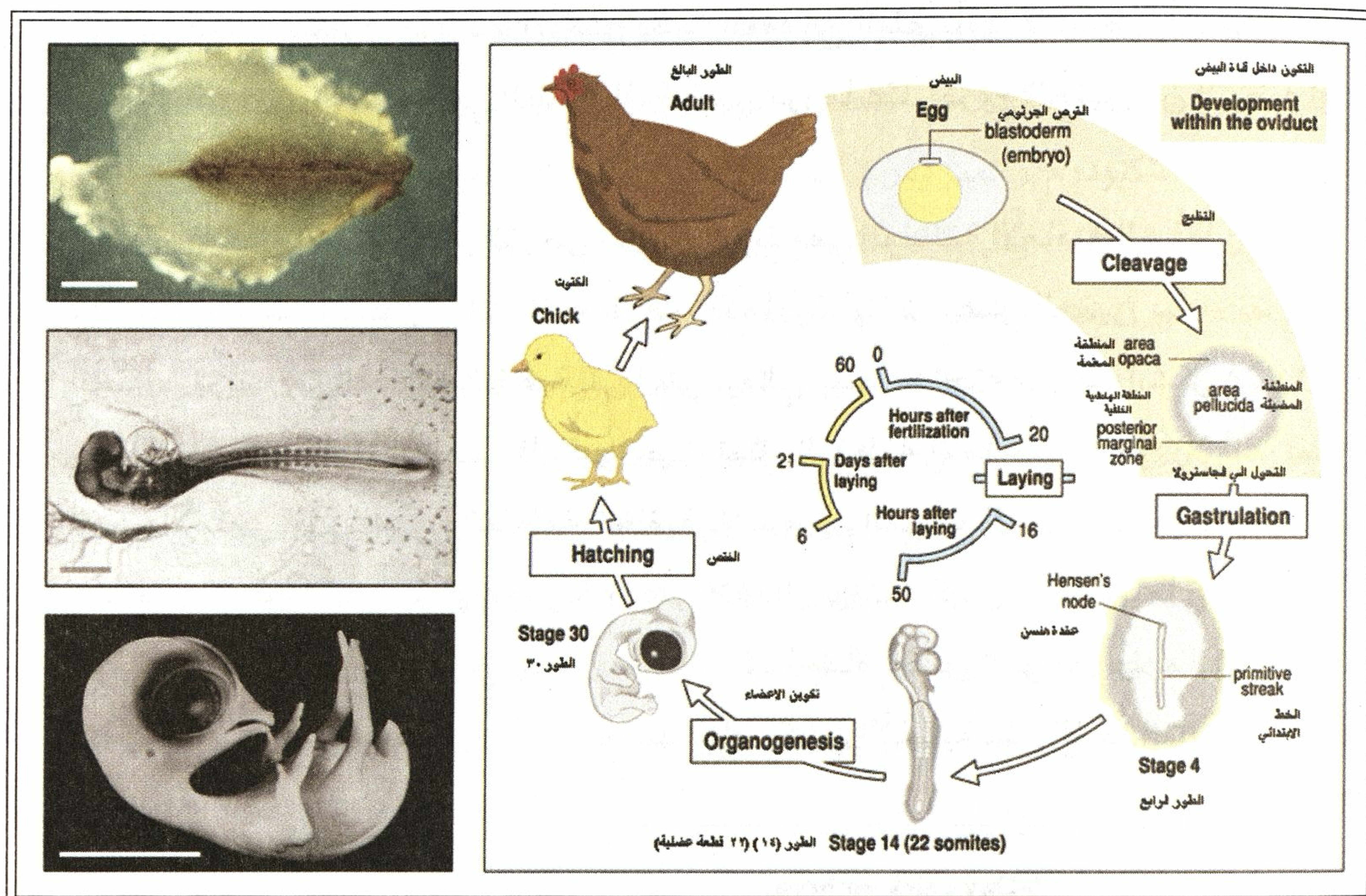
يزداد المعي استطالة ويتمايز إلى المعي الأمامي والمتوسط والخلفي، ويلتحم المعي الأمامي في بدايته الأمامية مع الأكتودرم المواجه ليكون فتحة الفم، ويلتحم المعي الخلفي مع الأكتودرم الخلفية ليكون فتحة الشرج.

هكذا نجد أن جنين الدجاج يمر بمراحل مختلفة خلال دورة حياته كما يتضح من الشكل (٨ : ١٣).



شكل (٨ : ١٢) يبين تحميل كامل لجنين دجاج تم تحضينه ٤٨ ساعة

المصدر: www.uoguelph.ca



شكل (٨ : ١٢) يبين تحميل كامل لجنين دجاج تم تحضينه ٤٨ ساعة

المصدر: www.uoguelph.ca

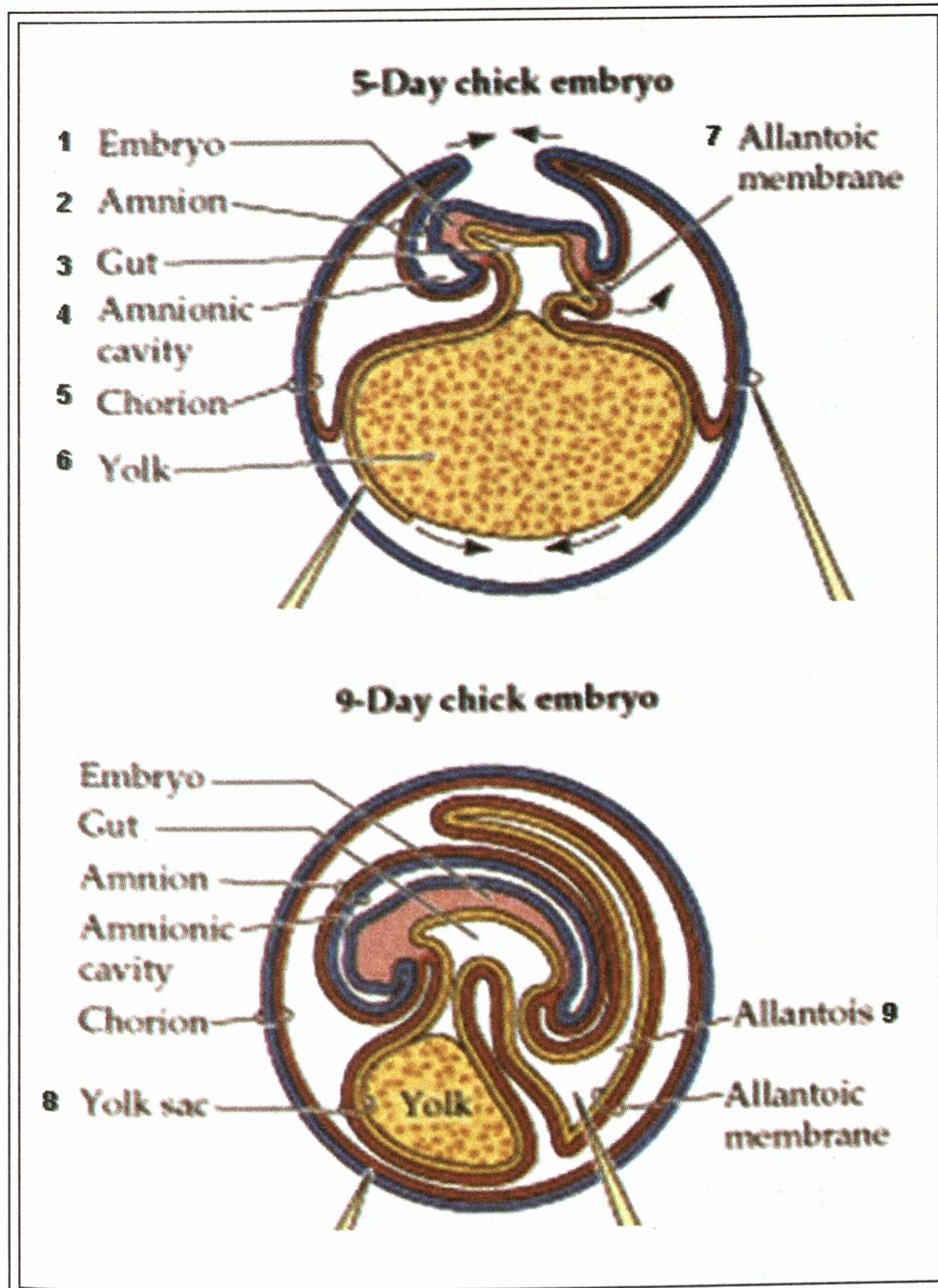
تكوين الأغشية الجنينية في الرهليات

Embryonic Membranes Development

الأغشية الجنينية عبارة عن تراكيب structures إضافية جديدة تظهر على التكوين الجنيني للطيور والزواحف والثدييات حيث تحافظ هذه الأغشية على حياة الأجنة في البيضة أو في الرحم لما لها من وظائف شبيهة بوظيفة الماء الذي تعيش وتحيا فيه أجنة كل من الأسماك والبرمائيات حيث إن الوسط المائي يعمل على حفظ البيض من الجفاف والتغيرات المفاجئة في درجات الحرارة ويقيه أيضا من بعض المخاطر الآلية التي تكتنف الحياة. حيث إن جنين اللارهليات (الأسماك - البرمائيات) يعيش في أطوره الجنينية محاطاً بالماء فإنه يحصل على ما يلزمه من الأكسجين والغذاء عن طريق الانتشار ويتخلص من النواتج الإخراجية من خلال وجوده في هذا الوسط المائي فعند غياب هذا الوسط المائي عن أجنة الرهليات (الطيور - الزواحف - الثديات) فإن الله يعوضها بأغشية جنينية إضافية هي الرهل، الكوريون، الألنتويس وكيس المح لتقوم بوظائف خاصة تمكن

الجنين من الاستمرار في الحياة حتى يكتمل نموه مع العلم بأنها لا تدخل بأي حال من الأحوال في أي تركيب عضوي للجنين إنما ينتهي دورها عند خروج الجنين من البيضة أو ولادته من رحم أمه.

لقد ذكرنا سابقا أن اندودرم القرص الجنيني يرتفع في المنطقة الأمامية إلى أعلى معتليا ما تحته من مح ويتكون بذلك ثنية الرأس الأمامية. بتقدم عمر الجنين يبدأ القرص الجنيني يرتفع في المنطقة الخلفية إلى أعلى ويعتلي أيضاً ما تحته من مح (شكل ٨ : ١٤) وبذلك تتشكل القناة الهضمية للجنين حيث تمثل المنطقة الأمامية للأندودرم المرتفع المعي الأمامي fore gut، والمنطقة الخلفية للأندودرم المرتفع المعي الخلفي hind gut وينحصر المعي المتوسط بينهما ويكون على اتصال مباشر بكيس المح، وكلما زاد ارتفاع الجنين عن منطقة كيس المح (شكل ٨ : ١٤) كلما ضاق العنق الموصل بينهما (أي بين الجنين وكيس المح) و يمكن أن نترسم بعد ذلك تكوين الأغشية على النحو التالي:



شكل (٨ : ١٤) يبين تكوين الاغشية الجنينة في الرهليات وكمثال لها في جنين الدجاج ويظهر في الشكل التراكيب التالية:

١. الجنين
٢. الرهل
٣. المعي
٤. تجويف الرهل
٥. الكوريون
٦. المح
٧. غشاء الالنتويس
٨. كيس المح
٩. الالنتويس

ويظهر في الشكل طريقة وأوقات تكوين الاغشية الجنينة كما تم شرحها

المصدر: Purves et al., (2004)

١. غشاء الرهل والكوريون amnion and chorion membrane

في جنين عمر ٤٨ ساعة من التحصين يبدأ تكوين ثنية الرهل الأمامية head amnion fold من الأكتودرم والميزودرم الجسمي في المنطقة الأمامية، وثنية الرهل الخلفية tail amnion fold وتنموا كل ثنية من هذين الثنيتين بعكس وضعها الأصلي حيث تنمو الأمامية إلى الخلف والخلفية إلى الأمام إلى أن يلتحما معا وينتج عن التحامها تكوين غشائين: (أ) أحدهما للداخل ويسمى الرهل amnion ويتكون من ميزودرم جسمي إلى الخارج واكتودرم للداخل وهو كيس غشائي شفاف يمكن من خلاله ملاحظة الجنين ويفصل بينه وبين الجنين تجويف يسمى تجويف الرهل amniotic cavity يحتوي بداخله على سائل يحفظ الجنين من الجفاف (شكل ٨ : ١٤) (ب) والثاني غشاء للخارج ويسمى الكوريون chorion ويتكون من اكتودرم للخارج وميزودرم جسمي للداخل ويفصل بينه وبين غشاء الرهل السابق بتجويف يسمى التجويف خارج الجنين extra-embryonic coelom (شكل ٨ : ١٤).

٢. غشاء كيس المح yolk sac membrane

هو الكيس الذي يحتوى بداخله على المح المغذي للجنين حيث يصبح متصل بالجنين عن طريق المعى المتوسط أو عنق كيس المح وبتقدم عمر الجنين يحيط الأندودرم بالمح من الخارج ويتبعه الميزودرم الحشوى من الجانبين إلى أن يلتقيا (شكل ٨ : ١٤) مكونا بذلك كيس المح الذي يكون حجمه في بداية تكوينه كبيراً ثم يقل تدريجياً بتقدم عمر الجنين حيث يستهلك المح في تغذية الجنين.

٣. غشاء الالنتويس Allantoise membrane

يبدأ ظهوره في جنين عمره ٧٢ ساعة من التحضين على شكل نمو اصبعى خارج من جدار المعي الخلفي يتكون أساساً من الأندودرم والميزودرم الحشوي ويكون في البداية صغير الحجم ثم لا يلبث أن يزداد حجمه تدريجياً حيث يتوافق ذلك مع نقصان حجم كيس المح تدريجيا (شكل ٨ : ١٤) ووظيفته تنفسية عن طريق تبادل الغازات خلال مساحة القشرة الكلسية بين الهواء الخارجي والشعيرات الدموية المنتشرة في هذا الغشاء.

9

الباب التاسع

التكوين الجنيني المبكر للثدييات

EARLY DEVELOPMENT OF MAMMALS

- تقسيم الثدييات
  - أ. الثدييات البدائية
  - ب. الثدييات المشيمية
    - الثدييات الكيسية
    - الثدييات الحقيقة
- تكوين الأمشاج
- التبويض
- الإخصاب والتفلج
- البلاستولا والجلاسترولا
- المشيمة
- تكوين الأعضاء الرئيسية
- تعدد المواليد
- التوائم

تعتبر الثديات أرقى طائفة في شعبة الحبليات حيث تقع في اعلى السلم التصنيفي للحيوان. وتنقسم من حيث طريقة التكوين الجنيني إلى قسمين:

أ. الثدييات اللامشيمية أو البدائية

Aplacental mammals or monotremes

وبفهم من اسمها أنه على الرغم من أنها حيوانات ثديية إلا أنها لا تزال في طريقة تكوينها تشبة الزواحف والطيور حيث إن الإناث هنا تضع بيضا بدل من أن تلد لذلك فإنها تسمى أحيانا الثدييات البيوضة وتشبه طريقة التكوين الجنيني فيها الطريقة الموجودة في الطيور ولأجنتها نفس الأغشية الجنينية الموجودة في الطيور وفي بعض الأنواع منها يتكون أثناء فترة التناسل كيس صغيرة على السطح البطنى للأنثى يتم فيه حضن البيض حتى مرحلة الفقس ومن أمثلة الثدييات أكل النمل الشوكي Echidna aculeata. (انظر شكل ٩ : ١).

ب. الثديات المشيمية Placental mammals

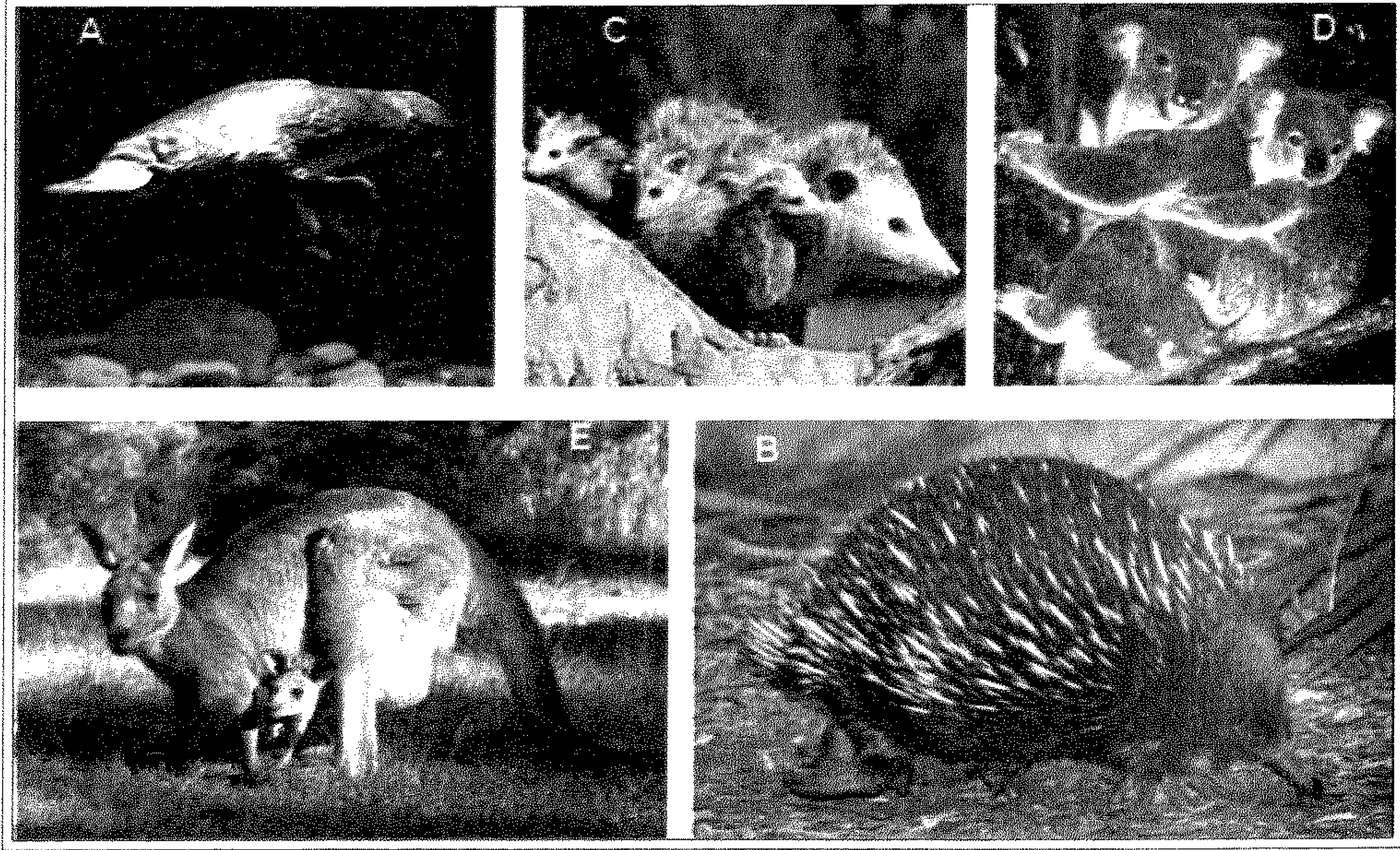
و هي الثديات التي تتصف بوجود المشيمة كرابط غذائى بين الأم وجنينها ويعمل فيها الرحم كمستقر يستقر فيه الجنين أثناء تكوينه إلى حين ولادته وخروجه إلى هذه الحياة وهي بدورها تنقسم إلى نوعين:

الثدييات الكيسية Marsupials

والأجنة هذه الحيوانات مشيمة تعرف بها وتلد الأم الجنين في حالة غير مكتملة حيث يعيش الجنين بعد ذلك في كيس موجود في بطن الأم يحتوي على غدة ثديية يتغذى من خلالها الجنين على لبن الأم حتى يكتمل تكوينه ومثال هذا النوع هو حيوان الكنغر kangaroo. (أنظر شكل ٩ : ١).

الثدييات الحقيقية Eutherian Mammals

وهي تضم جميع الثدييات المشهورة وكلها تلد صغارا على صورة مصغرة من الحيوان الكامل (البالغ) وبعد فترة حمل معينة يعتمد فيها الجنين على أمه في كل ما يحتاجه - وذلك عن طريق المشيمة المتكونة - يخرج إلى الحياة بتكوين مكتمل ونلاحظ هنا أن فترة الحمل متفاوتة جدا بين الحيوانات المختلفة ويمكن أن يوضح ذلك الجدول التالي:

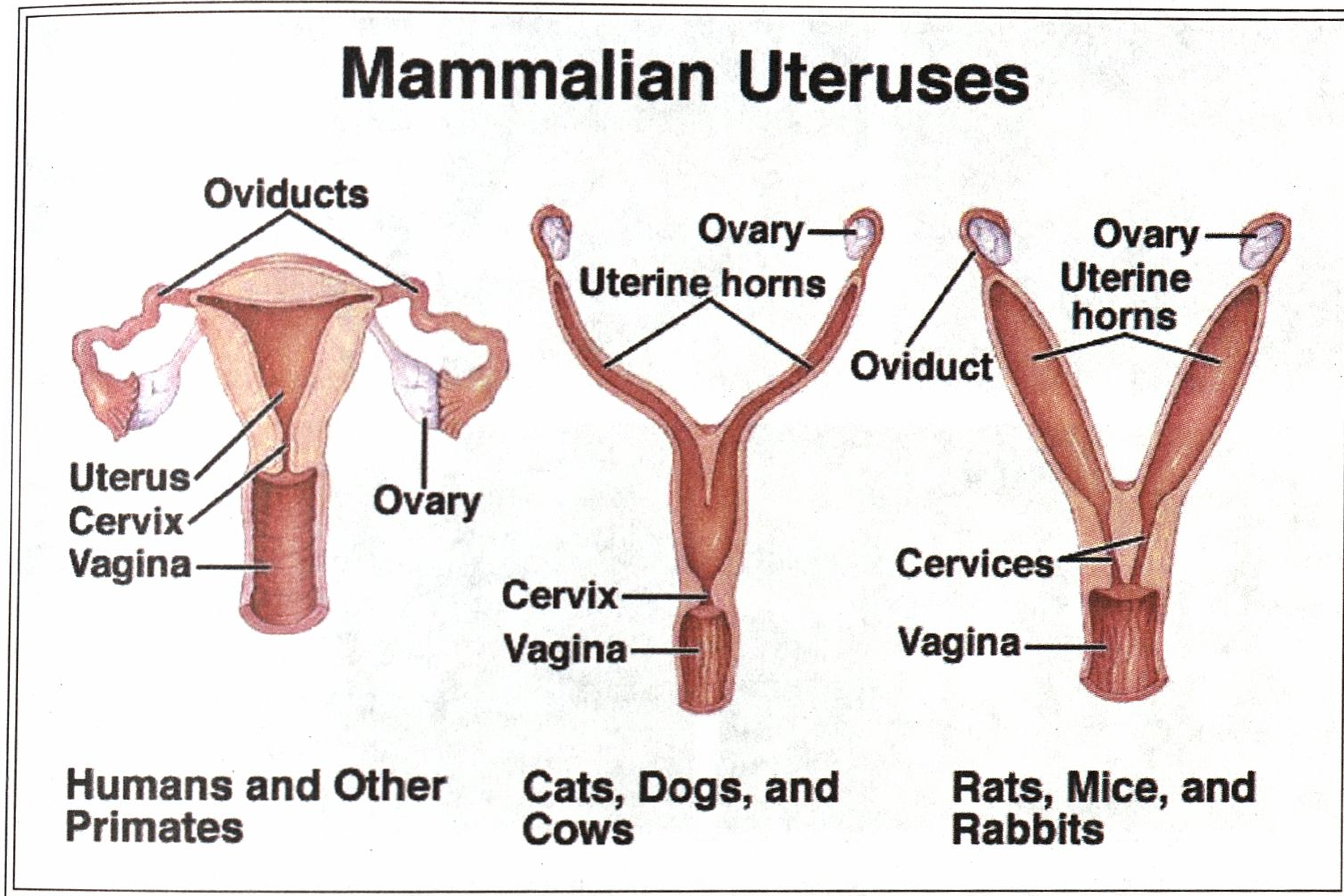


شكل (٩ : ١) يبين الثديات اللامشيمية مثل منقار البط (a) وآكل النمل الشوكي (B) وبعض الثديات الكيسية منثل الابوسوم (C) والكوالا (D) والكنغر (E)

المصدر: Biocourse.com - Wikipedia - National Geographic

الفأر	الجرذ	الأرنب	الكلب	الماعز	الإنسان	الغزال	الحصان	الجمل	الفيل
٢١ يوم	٢٢ يوم	٣٤ يوم	٦٣ يوم	١٤٧ يوم	٢٧٠ يوم	٣٠٠ يوم	٣٣٠ يوم	٣٩٠ يوم	٦٢٠ يوم

حيث إننا تحدثنا في الباب السابق عن التكوين الجنيني في الطيور فإننا سنكتفي هنا في شرح التكوين الجنيني المكبر للثدييات المشيمية ويمكن قياس طريقة التكوين الجنيني في الثدييات البيوضة (غير المشييمة) على أجنة الطيور. تشترك الثدييات المشيمية في أنواعها المختلفة على طريقة موحدة في التكوين مع وجود فوارق في فترة الحضانة الرحمية (الحمل) وكذلك حجم الأمشاج وسنكتفى هنا في ذكر طريقة التكوين الجنيني المبكر في الإنسان مع ملاحظة أن تكوين الاعضاء الرئيسية للأجنة يشبه مثيله في الفقاريات السابقة الذكر كذلك فإننا عند شرح طريقة التكوين للأعضاء الرئيسية سنحيل القارئ إلى فهم آلية التكوين من خلال الشرح السابق.



شكل (٩ : ٢) يبين أنواع الارحام في الثديات
المصدر: www. biocourse.com

تكوين الأمشاج:

تشبه خطوات تكوين الأمشاج ما هو موجود في الفقاريات ويتكون في الأنثى كما هو معروف المبيض وقناة البيض ويتخصص جزء من قناة البيض في الثدييات المشيمية ليكون كحاضنة طبيعة للجنين وهو الرحم uterus وللرحم أشكال مختلفة (شكل ٩:٢) منها الرحم البسيط simplex والرحم المزدوج duplex والرحم الفصي المزدوج bipartile والرحم القرني المزدوج bicomuate والرحم في الإنسان من النوع الأول (البسيط) وقطر البويضة يتراوح ما بين ١٣٠-١٦٠ ميكرون بينما قطر الأجسام القطبية المصاحبة للبويضة حوالي ١٠ ميكرون وعندما تولد الطفلة الصغيرة فإن المبيضين عندها يحتويان على ما يقارب من ٢٥٠٠٠٠ من أمهات البيض يصل إلى النضج منها حوالي ٣٥٠ بويضة وذلك عندما تبدأ في سن النضج الجنسي وحتى مرحلة سن اليأس والتي عندها يقف تكوين البويضات الناضجة. تتكون كل بويضة ناضجة خلال كل دورة حيض menstrual cycle أي مرة كل شهر وبلوغ ونضوج هذه البويضات محكوم ومنضبط بتوجيه الهرمونات الجنسية.

التبويض Ovulation

يوضح شكل (٣:٩) عملية التبويض والتي تعني المراحل الفسيولوجية التي تمر بها أمهات البيض لتصبح بويضة ناضجة تستقبل عند بوابة قناة البيض بالأهداب وكل دورة شهرية لدى الأنثى تستغرق قرابة ٢٨ يوما يحصل التبويض (خروج البويضة من المبيض) في منتصف الفترة بين كل دورتين حيضيتين وغالبا ما تنحصر الفترة الإخصابية بين يومي ١٢ إلى ١٥ لتكوين البويضات ونضوجها لابد من علاقة متبادلة بين الهرمونات المؤثرة أن تتم (شكل ٤:٩) ويتحكم في سير هذه العلاقة بين الهرمونات منطقة في الدماغ تسمى hypothalamus عن طريق الغدة النخامية والتي عن طريقها يتم التأثير على الهرمونات الجنسية Gonadotrophin hormones ولفهم عملية التبويض فإننا سنحدد حدوثها في مرحلتين هما:

أ. مرحلة تكوين الحويصلات Follicular stage

يفرز خلال هذه المرحلة الهرمون المحفز لتكوين الحويصلات حول البويضة والذي يسمى follicle-stimulating hormone (FSH) من الغدة النخامية حيث يبدأ تكوين الحويصلات ثم تنمو أكثر فأكثر إلى أن تصل في تكوينها إلى مرحلة البويضة الناضجة وخلال مسيرة التكوين هذه فإن الخلايا الحويصلية المتكونة تفرز هرمون الاستروجين estrogen والذي هو عبارة عن رسائل إشعار للرحم ليهيئ نفسه لاستقبال ضيفه الجديد (البويضة المخصبة).

ب. مرحلة الجسم الأصفر Corpus luteum stage

عند انخفاض مستوى الهرمون المحفز لتكوين الحويصلات (FSH) تكون عملية التبويض قد تمت والبويضة قد خرجت وعندها فإن نشاطا آخر للغدة النخامية ينطلق حيث تقوم هذه الغدة بإفراز هرمون luteinizing hormone (LH) وهو هرمون محفز لتكوين ما يعرف بالجسم الأصفر وهو عبارة عن الخلايا الحويصلية التي كانت تحيط بالبويضة قبل تحررها من المبيض وفي نفس الوقت يقوم هرمون LH السابق يحث الجسم الأصفر على إفراز هرمون البروجسترون progesterone (يسمى هرمون الحمل pregnancy hormone) لأنه يعمل على تهيئة الرحم للحمل كما يعمل على إيقاف إفراز هرمون FSH من الغدة النخامية لذلك فإن نمو أي بويضات أو خلايا حويصلية يتوقف ما دام الجسم

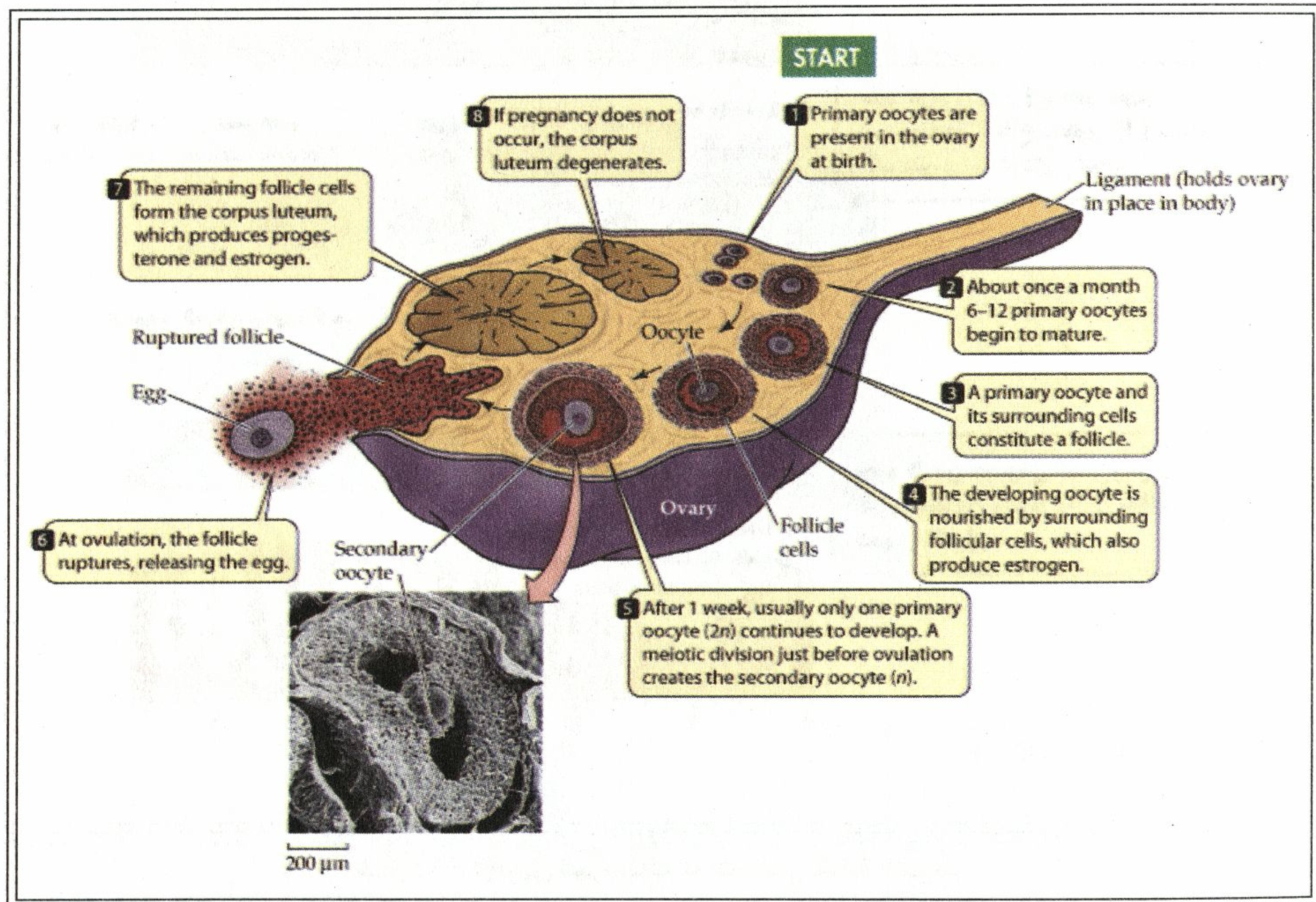
الأصفر موجودا ولم يضمحل (شكل ٩-٣ و٩-٤). عند خروج البيوضات من المبيض فإن مصيرها هو أحد اثنين أما أنها تمر عبر قناة البيض دون أي إخصاب وفي هذه الحالة فإن الغدة النخامية توقف إفراز هرمون LH الخاص بتكون الجسم الأصفر وهذا يؤدى إلى اضمحلال الجسم الأصفر كما تتقلص الأوعية الدموية الموجودة في جدار الرحم لتبكى دما حزنا على عدم إتمام عملية الإخصاب وهو ما يعرف بالحيض menstruation ويبدأ إفراز هرمون FSH من جديد لتبدأ دورة أخرى من جديد وفي حالة حدوث إخصاب للبويضة فإن جدار الرحم ينشط أكثر ويهيئ نفسه ويأخذ جميع احتياطاته لاستقبال نزيله الجديد وذلك بأن يمد أذرعه الحانية (الشعيرات الدموية) لتحتضن بقدر الإمكان هذا الضيف الجديد حاملة معها كل معاني الرعاية والعناية وذلك ما يعبر عنه بعملية انغراس البلاستولا داخل الرحم. وفي هذه الحالة (حالة الحمل) تستمر الغدة النخامية بإفراز هرمون LH ويبقى الجسم الأصفر فعالا فيطلق هرمون البروجسترون الذي يعمل على إيقاف إفراز هرمون FSH من الغدة النخامية وبالتالي يتوقف نضج أو تكوين أي بويضات أخرى فلا يحدث الحيض فترة الحمل.

أما تكوين الأمشاج المذكرة (الحيوانات المنوية) فإنها تتبع في تكوينها ما سبق ذكره، والحيوان المنوي في الإنسان (شكل ٩:٥) يبلغ طوله حوالي ٧٠ ميكرون وأثناء خروج الحيوانات المنوية من الخصية فإنها تمر على بعض الغدد الجنسية والتي تم تزودها ببعض السوائل المغذية والمنشطة حتى تستطيع أن تكمل رحلتها وتصل إلى البويضة في الثلث الأعلى من قناة البيض، والسائل المنوي يحتوى على أعداد كبيرة جدا من الحيوانات المنوية حيث إنه يبلغ في السنتيمتر المكعب الواحد ١٠٠ مليون حيوان منوي.

الإخصاب والتفلج:

عند خروج البويضة من المبيض تلتقطها أهداب قناة البيض والموجودة في الطرف المتسع من قناة البيض (شكل ٩:٦) وتسير البويضة ضمن تلافيف قناة البيض (شكل ٩:٦) إلى أن تصل إلى الثلث الأول من القناة وهناك تنتظر حتى تختار لها القدرة الإلهية نصيبها من الحيوانات المنوية القادمة حيث يزيح أحد هذه الحيوانات المنوية إكليل الخلايا الحوصلية والذي يحيط بالبويضة ليخترق غشائها معبرا عن رجولته وبحدوث الإخصاب يخرج الجسم القطبي الثاني وتتحد نواتا الحيوان المنوي والبويضة وتبدأ

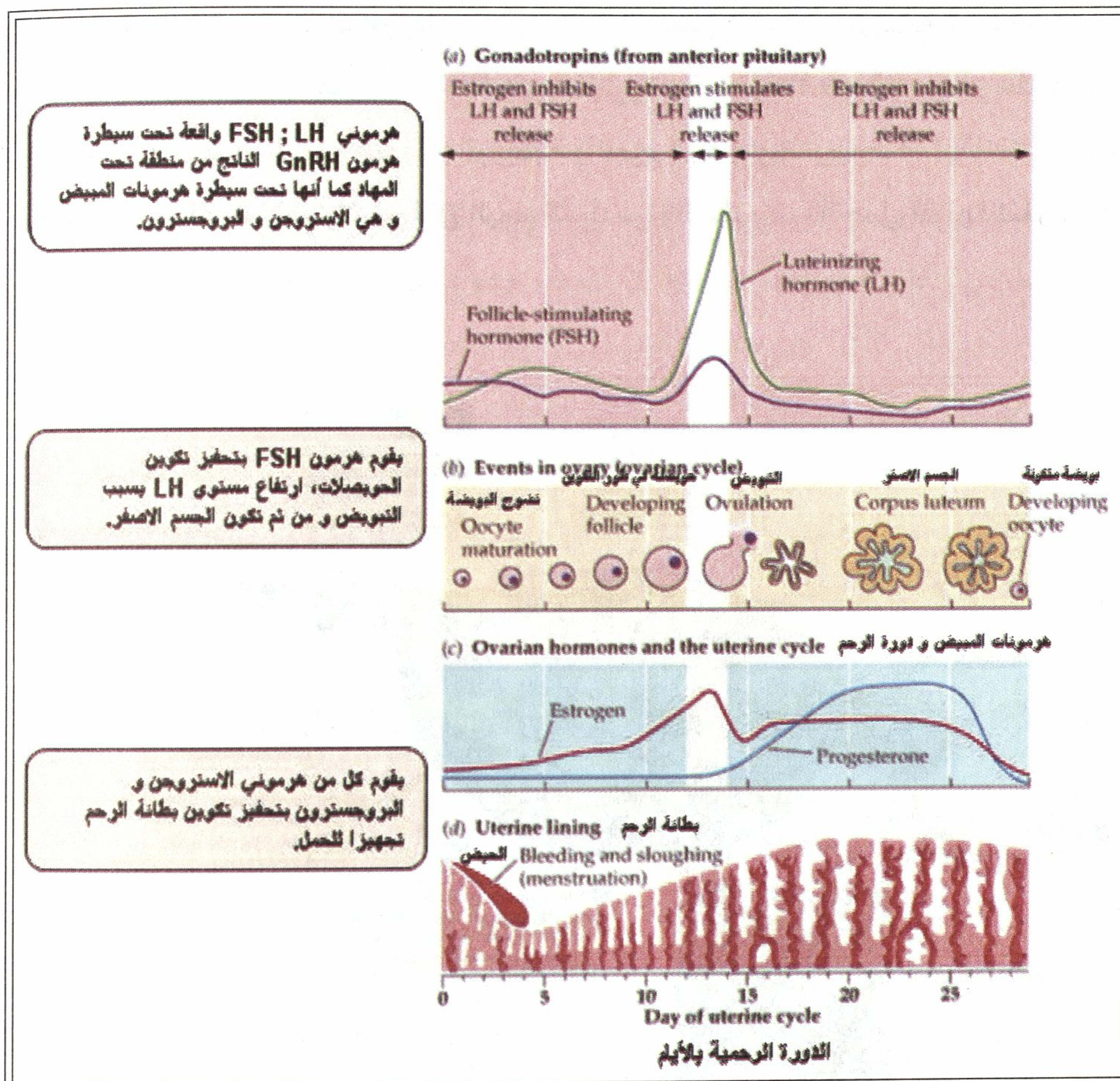
بعدها سلسة التفلجات المعروفة (شكل ٩: ٦) حيث تنقسم البويضة المخصبة إلى فلجتين ثم أربع فثمانية فلجات ثم ١٦ فلجة حتى تصل إلى ٣٢ فلجة وهى مرحلة التوتية morula وفي نفس الوقت تتحرك البويضة باتجاه الرحم وتقترب منه شيئا فشيئا حتى إذا بلغت مرحلة البلاستولا (خلال اليوم السادس والسابع من الحمل)فإنها تنغرس في جداره. (شكل ٩ : ٦).



شكل (٩ : ٣) يوضح عملية تكوين البويضة والتبويض في الإنسان

١. عند الولادة تكون الخلايا البيضية الأولية موجودة في المبيض.
٢. تبدأ ٦ – ١٢ من الخلايا البيضية الأولية في النضوج شهريا.
٣. تتكون الحويصلة من خلية بيضية أولية والخلايا المحيطة بها.
٤. تتغذى البويضة المتكونة بواسطة الخلايا الحويصلية المحيطة بها والتي تقوم أيضا بإنتاج هرمون الاستروجن.
٥. بعد أسبوع عادة تكمل فقط واحدة من الخلايا البيضية الأولية (ثنائية العدد الكروموزومي) تكوينها حيث تقوم بالانقسام الميوزي الأول قبل التبويض مباشرة منتجة الخلية البيضية الثانوية ذات العدد النصفي من الكروموزومات.
٦. عند التبويض تتمزق الحويصلة مطلقة البويضة.
٧. يتكون الجسم الأصفر من الخلايا الحويصلية التي بقيت في المبيض، ويقوم الجسم الأصفر بإفراز هرموني البروجسترون والاستروجن.
٨. إذا لم يتكون الحمل فإن الجسم الأصفر يتحلل

المصدر: Purves et al., (2006)



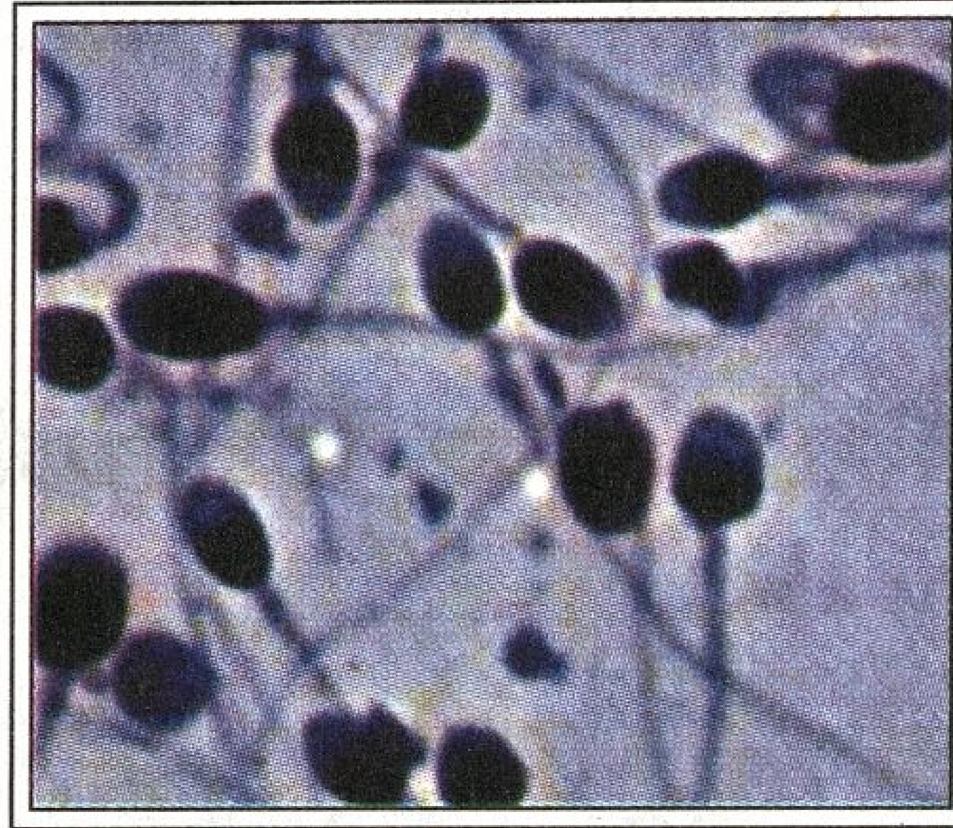
شكل (٩ : ٤) يبين الهرمونات المؤثرة على عملية التبويض

المصدر: Purves et al., (2006)

البلاستولا والجاسترولا:

تتكون البلاستولا من طبقتين هما الطبقة الخارجية trophoblast ولا تدخل هذه الطبقة في تكوين أي عضو من أعضاء الجنين ولكنها تشارك في تكوين الأغشية الجنينية أما الطبقة الداخلية والتي تعرف باسم كتلة الخلايا الداخلية (لأنها على شكل تكتل خلوي) inner cells mass ومن هذه الخلايا الداخلية يخلق الله سبحانه وتعالى الجنين (شكل ٩: ٧ وشكل ٩ : ٨) تبدأ عملية الانغراس implantation بغزو خلايا الطبقة الخارجية لنسيج الرحم وفي حوالي اليوم الثاني عشر تنطمر البلاستولا تماما داخل الرحم (شكل

٨:٩) وفي خلال الأسبوع الثاني يتميز في كتلة الخلايا الداخلية طبقتي التكوين العلوية epiblast والسفلية hypoblast أو ما يعرفان بالاكتودرم والاندودرم يظهر خلال الأسبوع الثالث تكوين الخط الابتدائي (شكل ١١:٩) وبنفس الطريقة التي يتكون فيها الميزودرم في أجنة الطيور يتكون الميزودرم هنا حيث يبدأ ظهور الطبقة المتوسطة وبذلك تكتمل صورة الجاسترولا في أجنة الإنسان بتكوين الطبقات الجرثومية الثلاثة (شكل ١١:٩) يحصل الجنين خلال فترته المبكرة على ما يحتاجه من غذاء من خلال حليب الرحم الذي تفرزه الغدد الرحمية وذلك بطريقة التشرب إلى أن تتكون المشيمة.

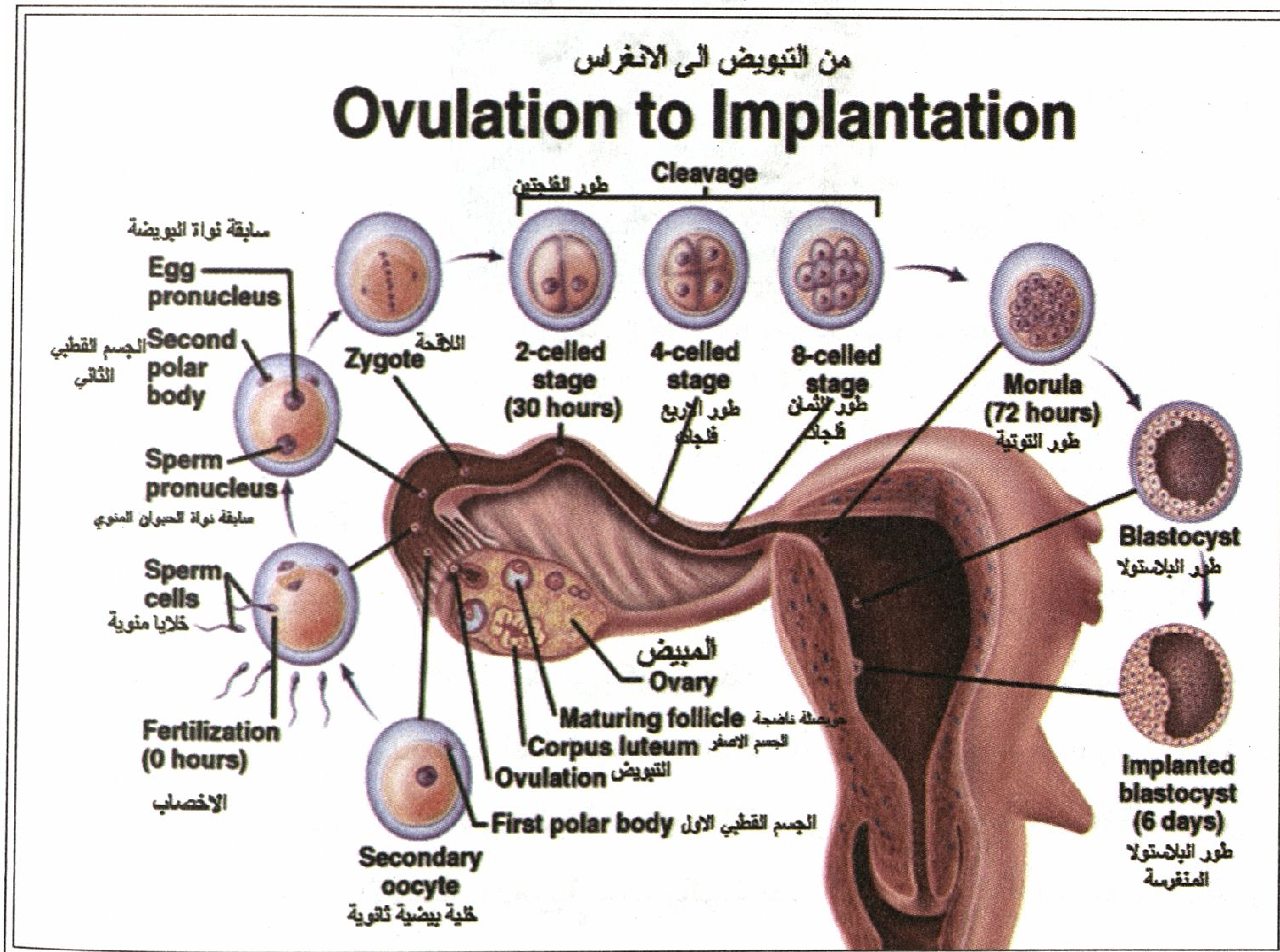


شكل (٩ : ٥) يوضح الحيوانات المنوية للانسان
المصدر: www.derma.uni-jena.de

المشيمة Placenta

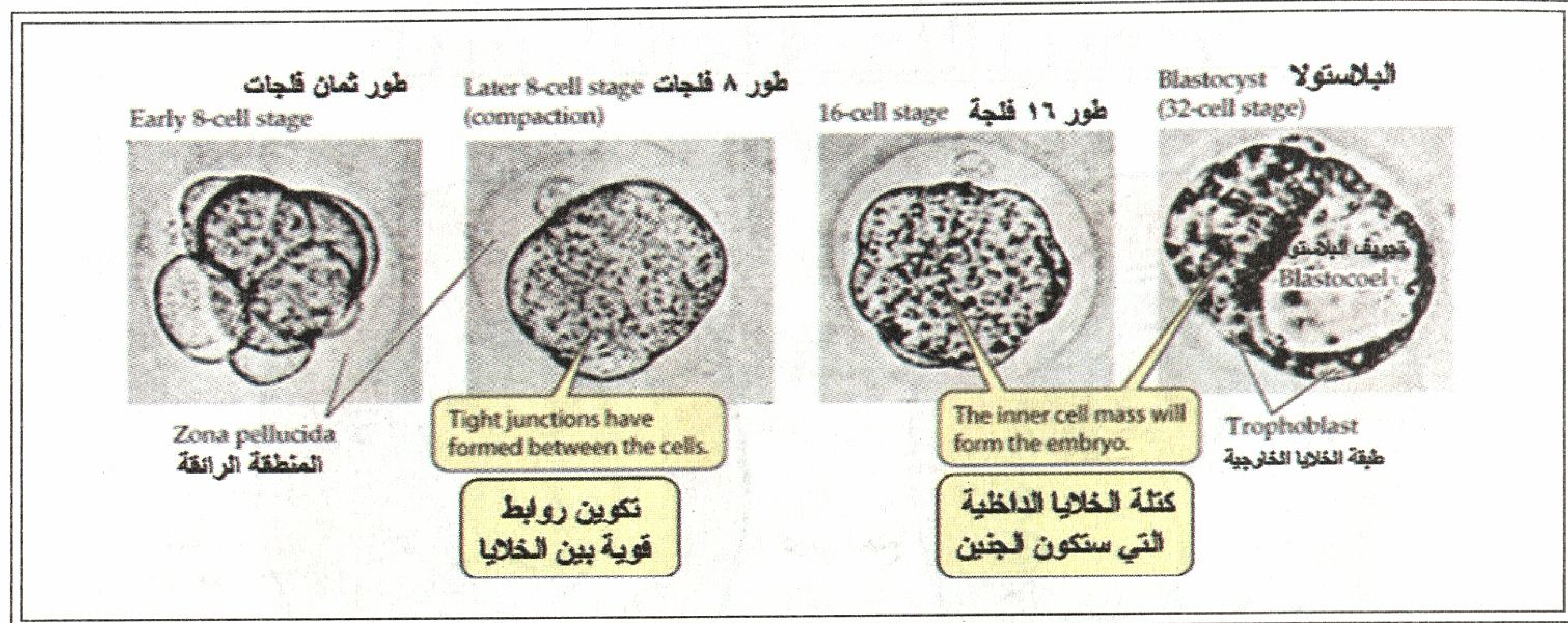
لقد ذكرنا أن الثدييات الأولية تضع بيضا لذلك فإن أجنتها مزودة بنفس الأغشية الجنينية الموجودة في الطيور وتتبع ذات النمط في تكوين هذه الأغشية ووظائفها والأغشية الجنينية في الأطوار الأولى لنمو الثدييات المشيمية تشبه تلك الأغشية التي سبق أن ذكرناها في الطيور مع ظهور تركيب جديد ذو وظيفة جديدة ألا وهي المشيمة وهي عبارة عن قرص دائري أو بيضوي غزير بالأوعية الدموية يقوم بالوظائف الحيوية بين الأم والجنين وتتكون المشيمة في الثدييات الكيسية نتيجة اتحاد غشاء الكوريون وكيس المح وتسمى مشيمة كيس المح yolk sac placenta (شكل٩:٩) وهى تعتبر أبسط الأنواع حيث يلامس كيس المح غشاء الكوريون وتتكون ثنايا على السطح الخارجي وتنغرس في جدار الرحم وفي الثدييات تتكون المشيمة الالنتوسية allantoises placenta حيث يلامس الالنتوس الكريون ويتحد معه وينشأ عن هذا الاتحاد تكوين خملات أصبعية الشكل تتجه إلى جدار الرحم ويتم

بينهما اتصال وثيق ويكون هذا الاتصال أولا عن طريق نوع من الخلايا الخارجية تسمى syncytiotrophoblast حيث تحيط هذه الخلايا بالبلاستولا من الخارج وتفقد ما بينها من أغشية فتلتحم مع بعضها البعض لتكون بحيرات دموية lacunae ويتم توصيل ما تمتصه الخلايا السابقة عن طريق خلايا أخرى تمثل حبل الصلة بين هذه الخلايا وبين الجنين وتسمى الخلايا المغذية cytotrophoblast (شكل ٩: ١٠) وبعد ظهور الخملات الاصبعية كما ذكرنا فإنها تحيط بالجنين من جميع الجهات إلا أنها تتمركز في فترة لاحقة في جهة واحدة فقد وهى الجهة التي ستعطى تكوين المشيمة مستقبلا بينما تضمحل في بقية الجهات وفي تلك الجهة يتكون معلاق خاص يصل بين أوعية الأم الدموية وبين الجنين.



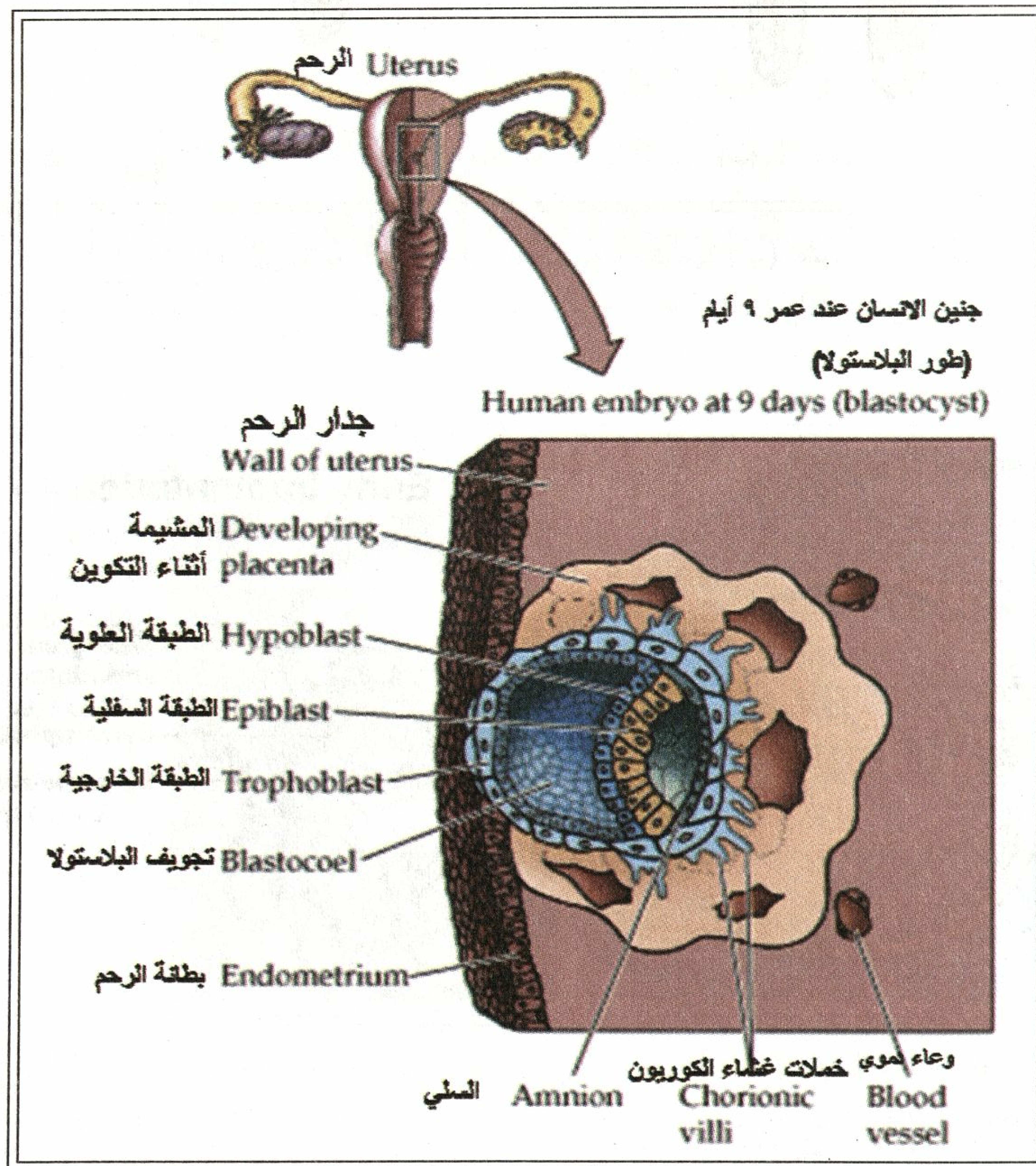
شكل (٩: ٦) الإخصاب والتفلج في الإنسان

المصدر: www. biocourse.com



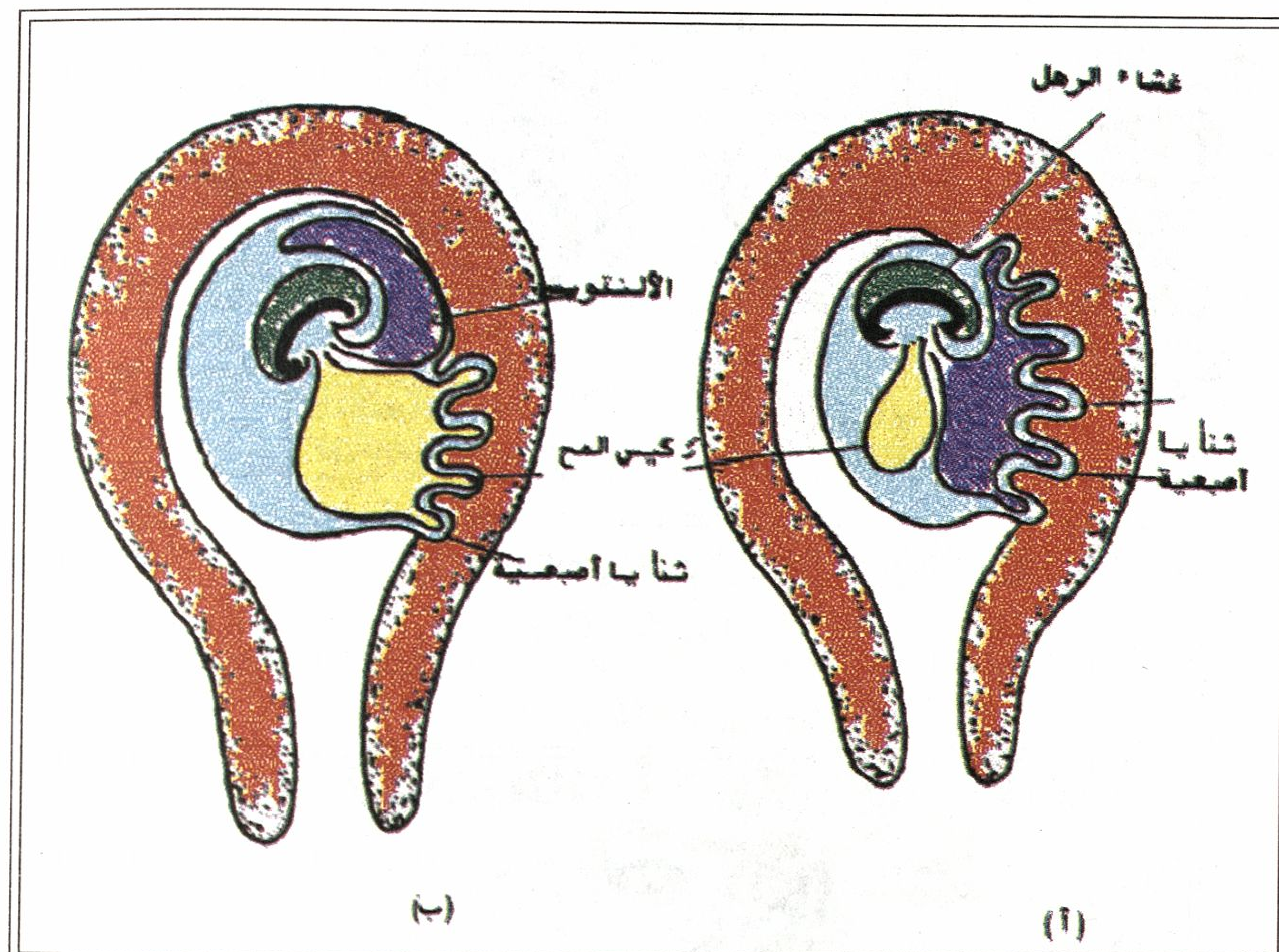
شكل (٩: ٧) يبين أطوار التفلجات والبلاستولا في جنين من الثدييات

المصدر: Purves et al., (2006)

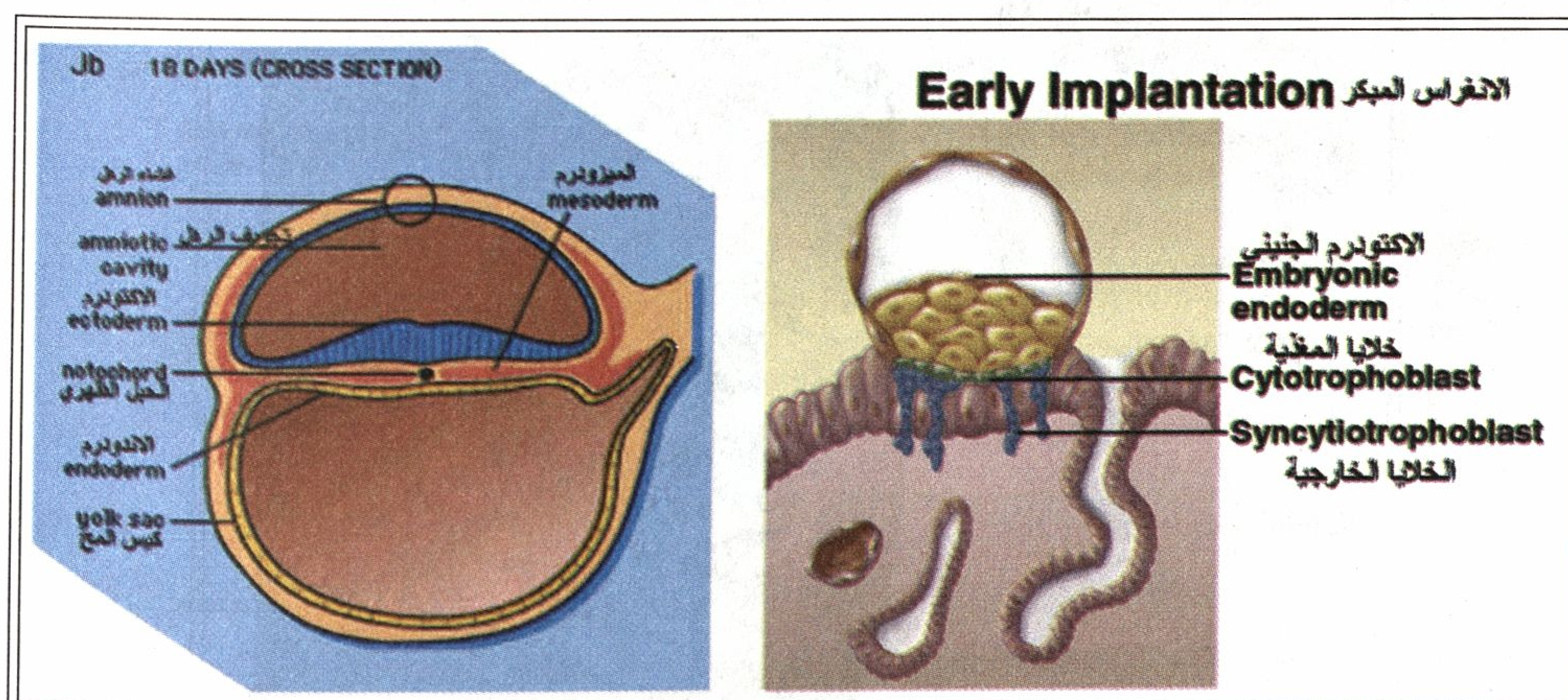


شكل (٩ : ٨) يبين انغراس البلاستولا في جدار الرحم في جنين الإنسان

المصدر: Purves et al., (2006)



شكل (٩ : ٩) يبين تكوين المشيمة (أ) المشيمة الألنتوسية (ب) مشيمة كيس المح



شكل (٩ : ١٠ أ) يبين الانغراس المبكر

المصدر: www. biocourse.com

شكل (٩ : ١٠ ب) يبين الطبقات الجنينية

المصدر: www. biocourse.com

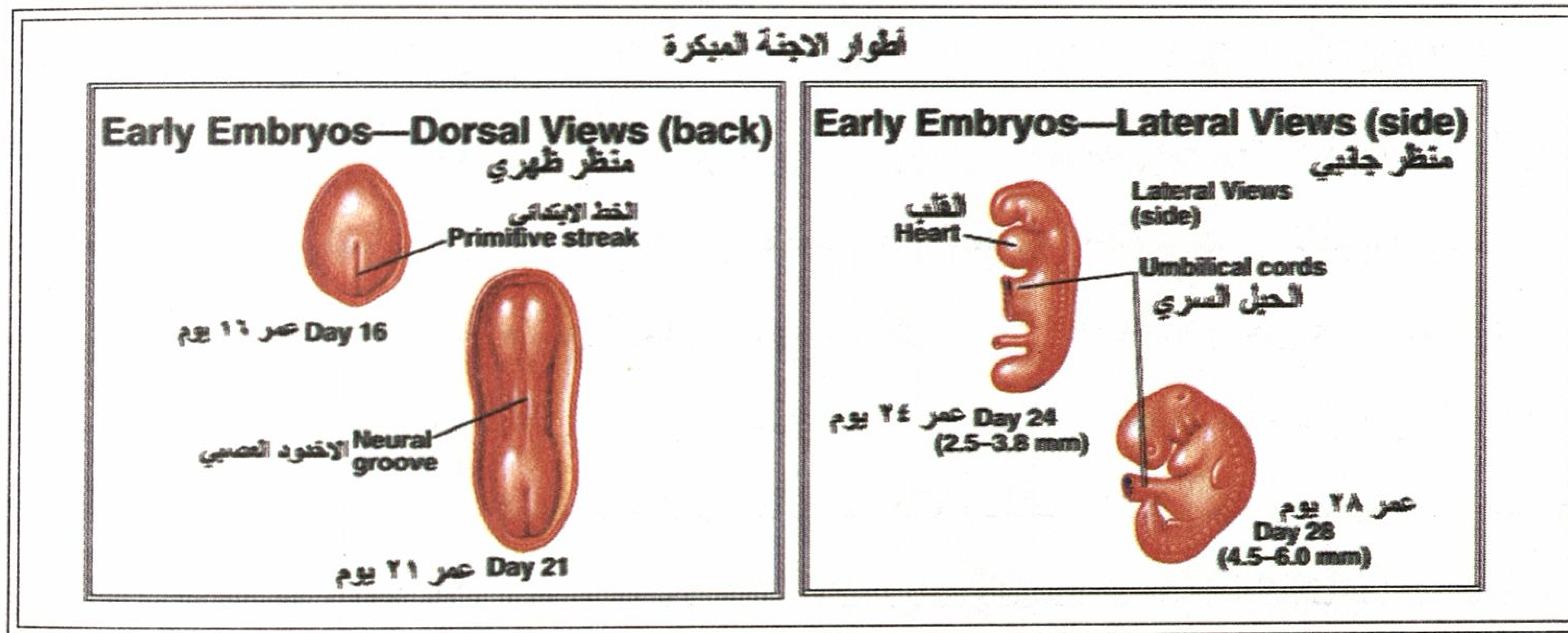
تكوين الأعضاء الرئيسية
Organogenesis

تعتبر الفترة من بداية الأسبوع الرابع وحتى الأسبوع الثامن فترة تكوين وخلق الأعضاء الرئيسية لأجنة الإنسان حيث في نهاية هذه المرحلة تكون معظم الأعضاء الرئيسية قد تكونت وبذلك يكون قد تأسس الجنين، ينشأ تكوين الحبل الظهري أماما من الخط الابتدائي (شكل ٩:١١) وبنهاية الأسبوع الثالث يبدأ تكوين الأنبوبة العصبية والتي تتكون بنفس الآلية التي تحدثنا عنها في أجنة الفقاريات السابقة إلا أن انغلاق الفتحة العصبية الأمامية يتم في اليوم الخامس والعشرين من التكوين بينما تنغلق الفتحة الخلفية في اليوم السابع والعشرين تقريبا (شكل ٩:١١) وبتقدم عمر الجنين تظهر على الأنبوبة العصبية ملامح الجهاز العصبي المركزي كتمايز المخ (شكل ٩:١١) كما أنه يمكن ملاحظة تكوين أعضاء الحس مثل الأنف والأذن والعين (شكل ٩:١٢) ويمكن اعتماد ما سبق من شرح في معرفة آلية تكوين الأعضاء الرئيسية التي نذكرها هنا وذلك للشبه الكبير بينهما مع ظهور بعض التراكيب الثانوية التي تكون موجودة في الثدييات وتغيب في أجنة الفقاريات السابقة أو العكس فعلى سبيل المثال يمكن ملاحظة الغدد الثديية في الثدييات والغدد المخاطية في البرمائيات.

أما الطبقة الثانية الرئيسية في التكوين فهي طبقة الميزودرم حيث ينتشر الميزودرم كما سبق شرح ذلك وتتكون القطع الجسمية somites على جانبي الأنبوبة العصبية وبشكل متناظر ويبدأ تكون أول قطعة جسمية في حوالي اليوم العشرين من التكوين وبمعدل ثلاثة أزواج كل يوم حتى نهاية الأسبوع الخامس حيث يصبح عددها ٤٤ زوجا من القطع الجسمية وتعطى كل قطعة التمايز الخاص بها فجزء يكون العضلات وآخر يعطى تكوين الأدمة وثالث يكون الهيكل المحوري والقسمين الآخرين من الميزودرم أحدهما خاص بتكوين الكلية والآخر هو الميزودرم البطني ويشمل الميزودرم الجسمي والحشوي وكذلك فإنه ينشأ من طبقة الاندودرم الأعضاء الخاصة بها مثل القناة الهضمية.

تحديد المراحل المختلفة لأجنة الثدييات يعتمد على قياس طول الجنين خلال فترات معينة ولتكن بالأسابيع مثلا وذلك لتحديد معالم التكوين خلال كل فترة، فبنهاية الأسبوع السابع لأجنة الإنسان يكون طول الجنين فيها ٠،٥ سم ويشمل على تكوين المخ ذو الثلاثة

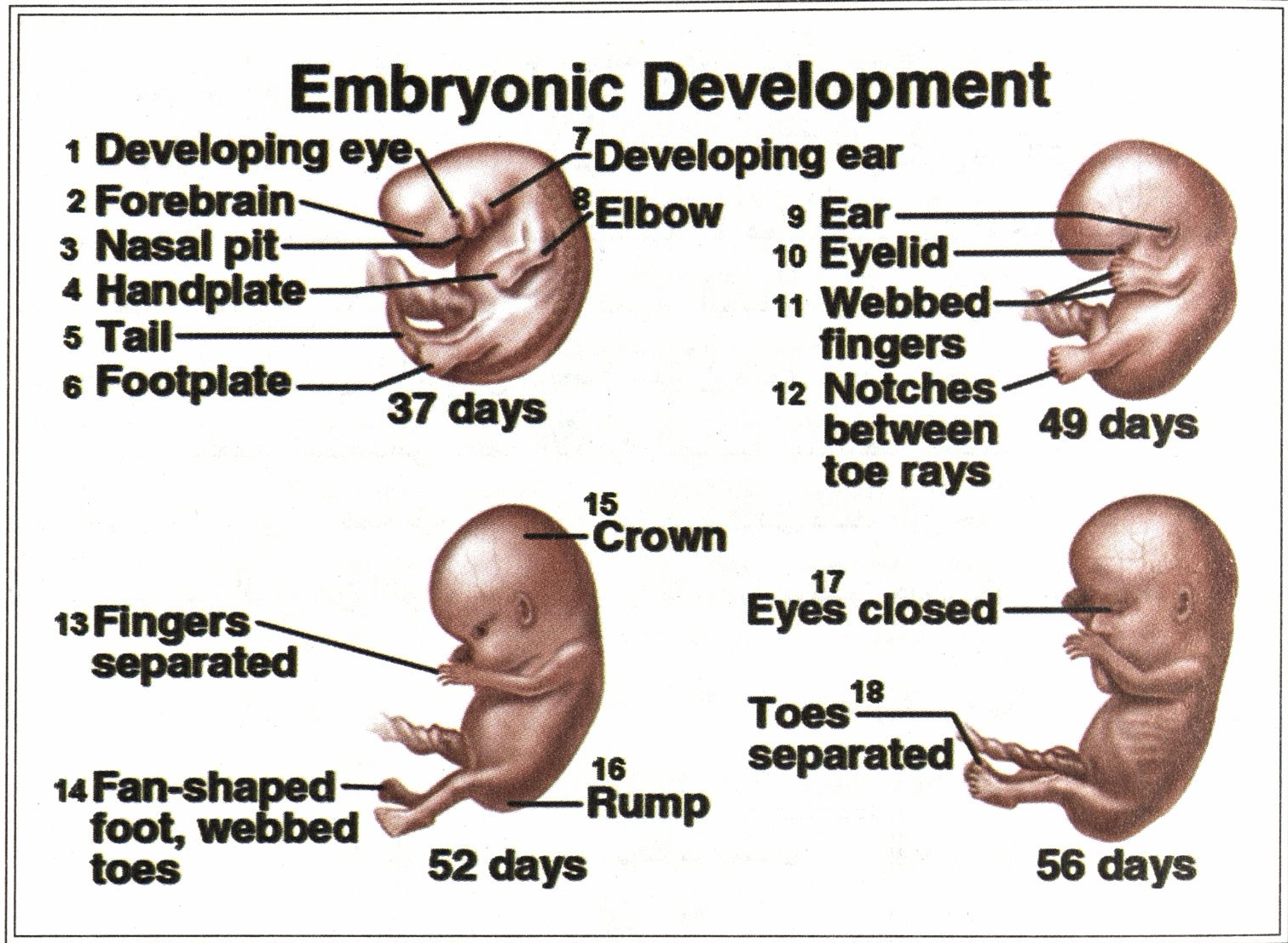
أجزاء والعقد العصبية أعضاء الحس، القلب، الأطراف ويكون شكل الجنين في هذه المرحلة لا يشبه شكل الإنسان (شكل ١٢:٩) وبنهاية الأسبوع التاسع يكون الجنين بين ٢-٥ سم وتتضح في هذا الشهر معالم الجهاز العصبي المركزي وتتحد أجزاء القناة الهضمية وتتكون الأطراف (شكل ١٢:٩) وبنهاية الأسبوع الثالث عشر نجد أن الجنين قد أخذ يتميز بمعالمه البشرية وتمت أه تكوين جميع الأعضاء الرئيسية، أما تبقى من فترة الحمل فإنها مرحلة نمو لتلك الأعضاء حيث يزداد بعد ذلك طول ووزن الجنين.



شكل (٩ : ١١) يبين الأطوار الجنينية المبكرة لجنين الإنسان حتى ٢٨ يوم من الإخصاب
المصدر: www. biocourse.com

تعدد المواليد Multiple birth

تتميز كثير من الثدييات المشيمية بأنها تضع أكثر من مولود في المرة الواحدة، وتعرف هذه الظاهرة بظاهرة تعدد المواليد، وقد لا تلاحظ في ثدييات أخرى مثل الفيل والحصان والإنسان حيث تضع هذه الثدييات مولودًا واحدًا فقط في كل مرة، وتعدد المواليد (تعدد الأجنة) مرتبط بتعدد البويضات التي تفرز من المبيض وبعدد هذه البويضات يكون عدد الأجنة المتكونة حيث يتم إخصاب كل بويضة بحيوان منوي وتتحرك هذه البويضات المخصبة إلى أن تصل إلى الرحم حيث إنها تتوزع على جدار الرحم بانتظام وعلى مسافات متساوية عن بعضها، وعندما تضع أنثى الإنسان أكثر من جنين (مولود) خلال فترة حمل واحد فإن هذه الظاهرة تعرف بالتوائم، وقد وصل أقصى عدد للمواليد في الإنسان أربعة عشر طفلاً لامرأة في إيطاليا، كما وصل في المملكة العربية السعودية إلى سبعة مواليد في منطقة عسير.



شكل (٩ : ١٢) يبين التكوين الجنيني لجنين الإنسان حتى ٥٦ يوم من الإخصاب

جنين بعمر ٣٧ يوم: ١. تكوين العين ٢. المخ الأمامي ٣. النقرة الشمية
٤. صفيحة اليد ٥. الذيل ٦. صفيحة القدم

جنين بعمر ٤٩ يوم: ٩. الأذن ١٠.جفن العين ١١. الأصابع المرتبطة بالجلد بينها
١٢. الثلمات بين أصابع الأقدام

جنين بعمر ٥٢ يوم: ١٣. الأصابع المنفصلة، أصابع الأقدام وما زالت متصلة بالنسيج
١٥ أعلى الراس ١٦. الردف

جنين بعمر ٥٦ يوم: ١٧. الأعين المقفلة ١٨. أصابع الأرجل وقد انفصلت عن بعضها

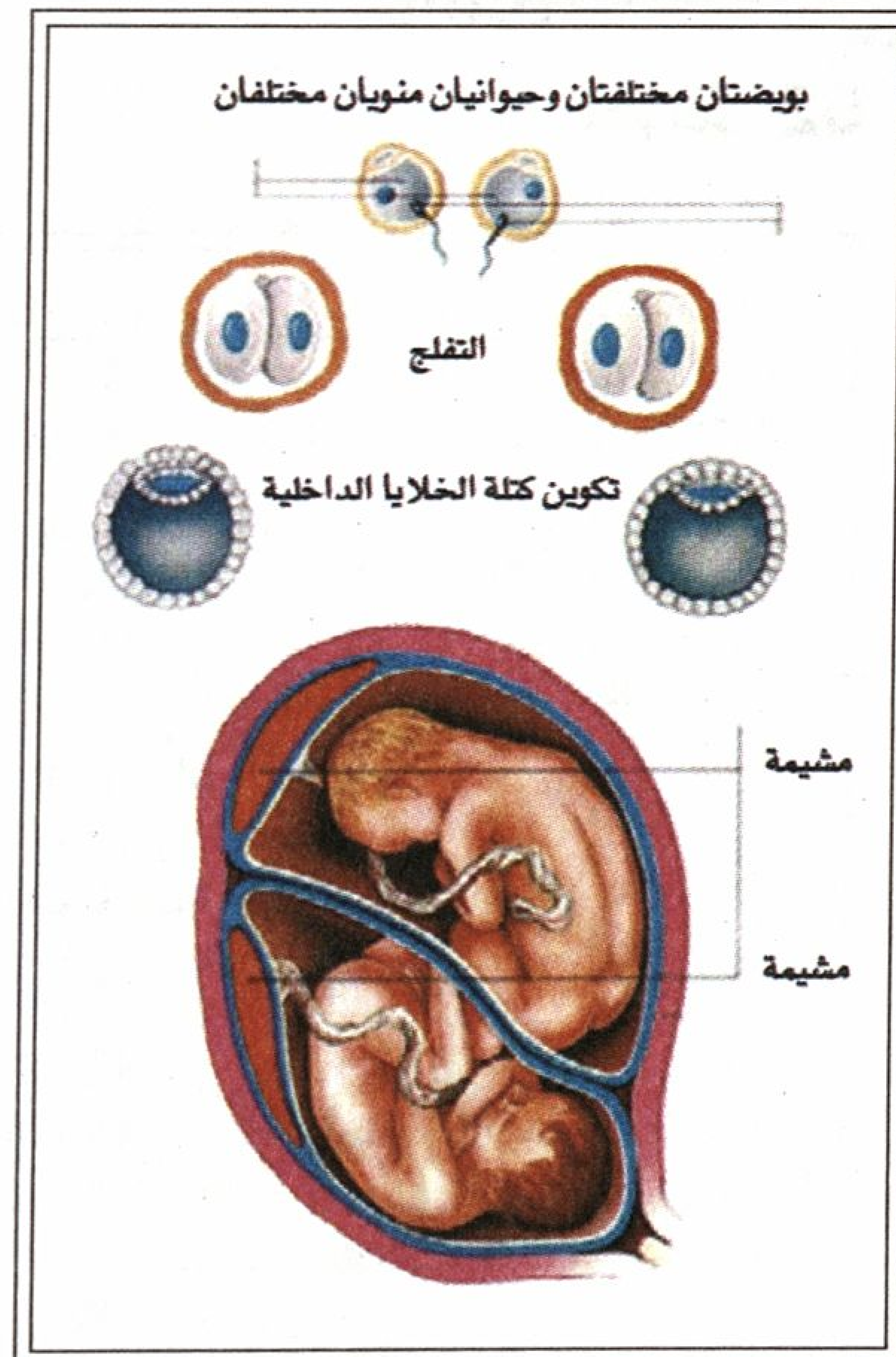
المصدر: www. biocourse.com

التوائم Twins

وهي تشمل:

أ. التوائم الأخوية (غير المتشابهة) Fraternal Twins (Unlike)

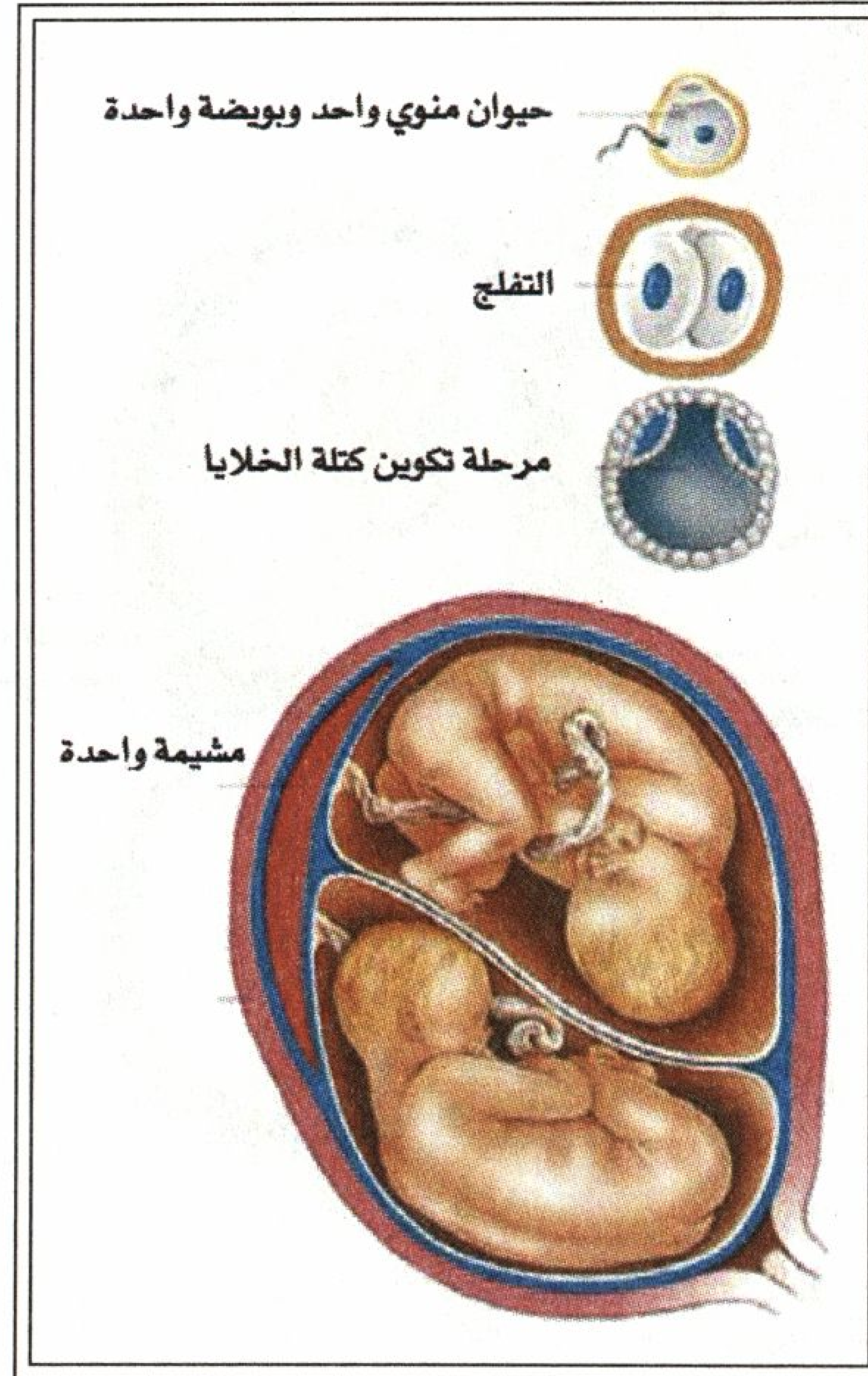
هذا النوع من التوائم لا تظهر عليه ظاهرة التشابه التام التي تكون في التوائم المتطابقة، ويكفي أن يكون القاسم المشترك في التشابه ما هو موجود بين الإخوة بعضهم بعضًا، لذلك تعرف بالتوائم الأخوية، كما أنها تعرف أيضًا بالتوائم ثنائية البويضة، حيث إن المبيض يفرز بويضتين فيلقح كل بويضة حيوان منوي واحد، وحيث إن بعض السيدات المصابات بالعقم استخدمن بعض الأدوية الخاصة بتنشيط المبيض مثلاً فسبب ذلك لهن إفراز أكثر من بويضة خلال الدورة الواحدة فأدى ذلك إلى حدوث الحمل بأكثر من جنين وفي هذا النوع من التوائم تكون المشيمتان منفصلتين حيث تكون لكل جنين مشيمة خاصة به.



شكل (٩ : ١٣) يبين طريقة تكون التوائم الأخوية أو غير المتشابهة

ب. التوائم المتشابهة أو المتطابقة Identical Twins (like)

وتعرف هذه التوائم أيضًا بالتوائم أحادية البويضة حيث إن سبب تكوينها هو انقسام البويضة المخصبة إلى خليتين أو في طور متقدم تنقسم الكتلة الخلوية إلى جزئين، ثم تواصل كل خلية نموها إلى أن يتكون الجنين الكامل، ولما كانت التوائم هنا تتكون من بويضة واحدة وحيوان منوي واحد فإن هذه التوائم تتشابه من جميع الوجوه حتى على مستوى جنس التوائم فهي إما ذكورًا أو إناثًا، أما بالنسبة للمشيمة فإنها تكون منفصلة عن بعضها إذا كان انفصال الخليتين عن بعضهما في طور مبكر أو قد تكون المشيمتان ملتحمتين ولكنهما في الأصل منفصلتان من حيث اندماج الدماء، أما إذا كان الانفصال في مرحلة البلاستولا فإن التوائم هنا تكون ذات مشيمة واحدة مشتركة مع احتفاظ كل جنين بغشاء رهل خاص به، وعند حصول الانفصال في مرحلة متأخرة كالتي تحدث للقرص الجرثومي فإن ذلك يؤدي إلى تكوين جنينين بغشاء رهل واحد وكذلك بمشيمة واحدة وفي هذا النوع يمكن ملاحظة تكوين توائم ملتصقة وذلك نتيجة أن الانفصال لم يكن تامًّا، أو أن جزءًا من جنين يكون محمولاً بجوار الجنين الآخر وتعرف هذه التوائم بالتوائم الطفيلية وهي نتيجة عدم اكتمال التكوين في أحد التوأمين.

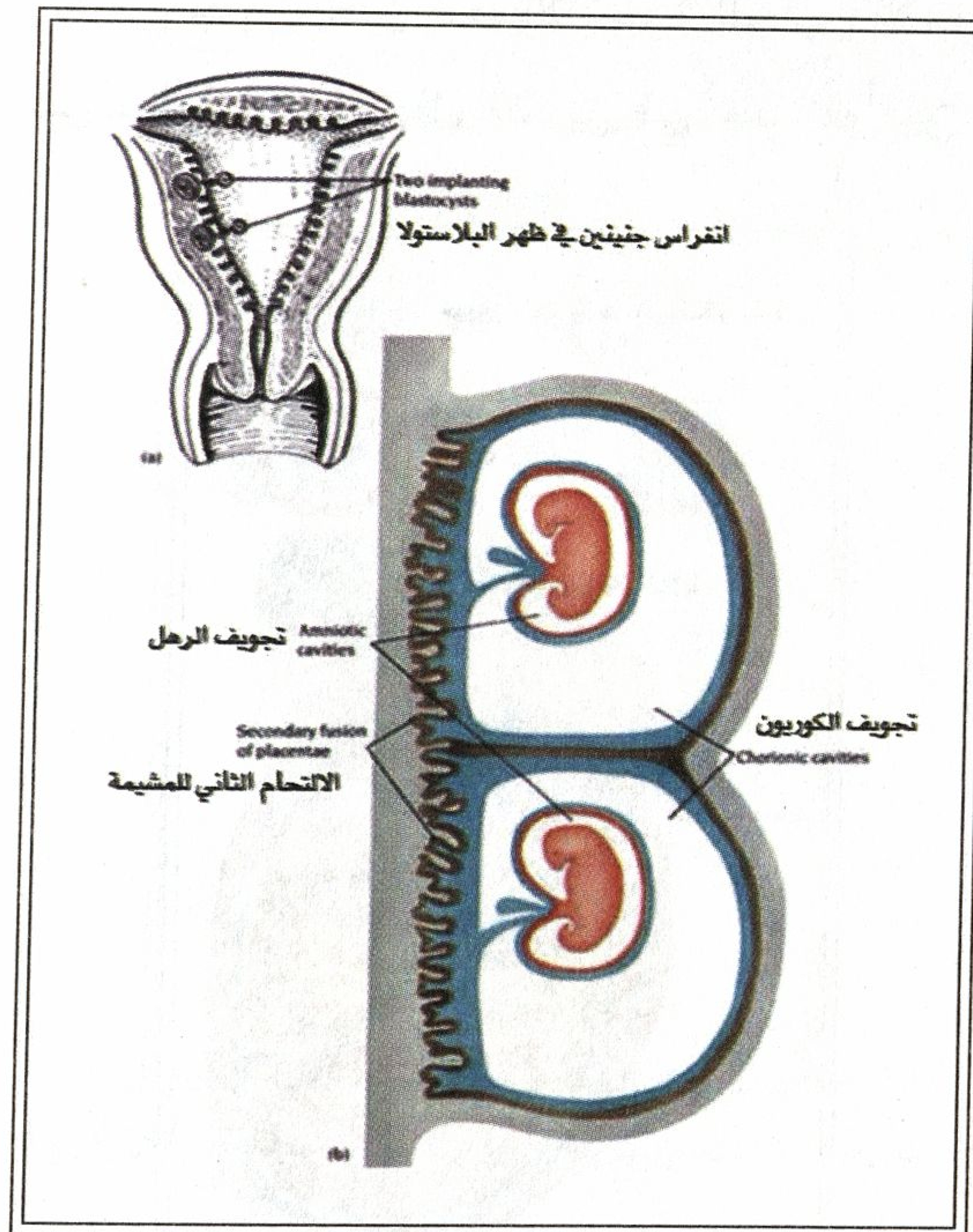


شكل (٩ : ١٤) يبين طريقة تكون التوائم المتشابهة

ج. التوائم (الموصلية) أو (السيامية):

إن هذا النوع من التوائم يتبع التوائم المتطابقة الملتصقة وقد سجلت أول حالة لهذا النوع في هذا العصر لطفلين من (سيام) فعرفت بالتوائم السيامية لكن العجيب تاريخيًّا أن كتاب (نشوار المحاضرة) وهو المعروف باسم جامع التواريخ - ص ١٤٤ - ١٤٦ لمؤلفه القاضي التنوخي المتوفى عام ٣٨٤هـ (أي قبل أكثر من ألف عام) ذكر خبرًا وتوثيقًا علميًّا لحالة توأمين ملتصقين أحضرا من أرمينيا وعرضا على صاحب الموصل الحمراني.

وتعتبر بالتالي هذه أول حالة لتوأمين ملتصقين أشارت إليها المصادر في التاريخ الإنساني والتي عرفت في الكتب الحديثة بحالة التوائم (السيامية) التي هي نفس الوصف للتوائم (الموصلية) والتي لو أتيح لها الإعلام مبكرًا وعلى نطاق عالمي واسع في ذلك الوقت لأمكن اليوم معرفتها بالتوائم الموصلية نسبة إلى مدينة الموصل التي سجلت وعرفت فيها هذه الحالة من حالات التوائم كما ذكرت ذلك الباحثة هناء السلطي في بحثها في المجلة العربية.



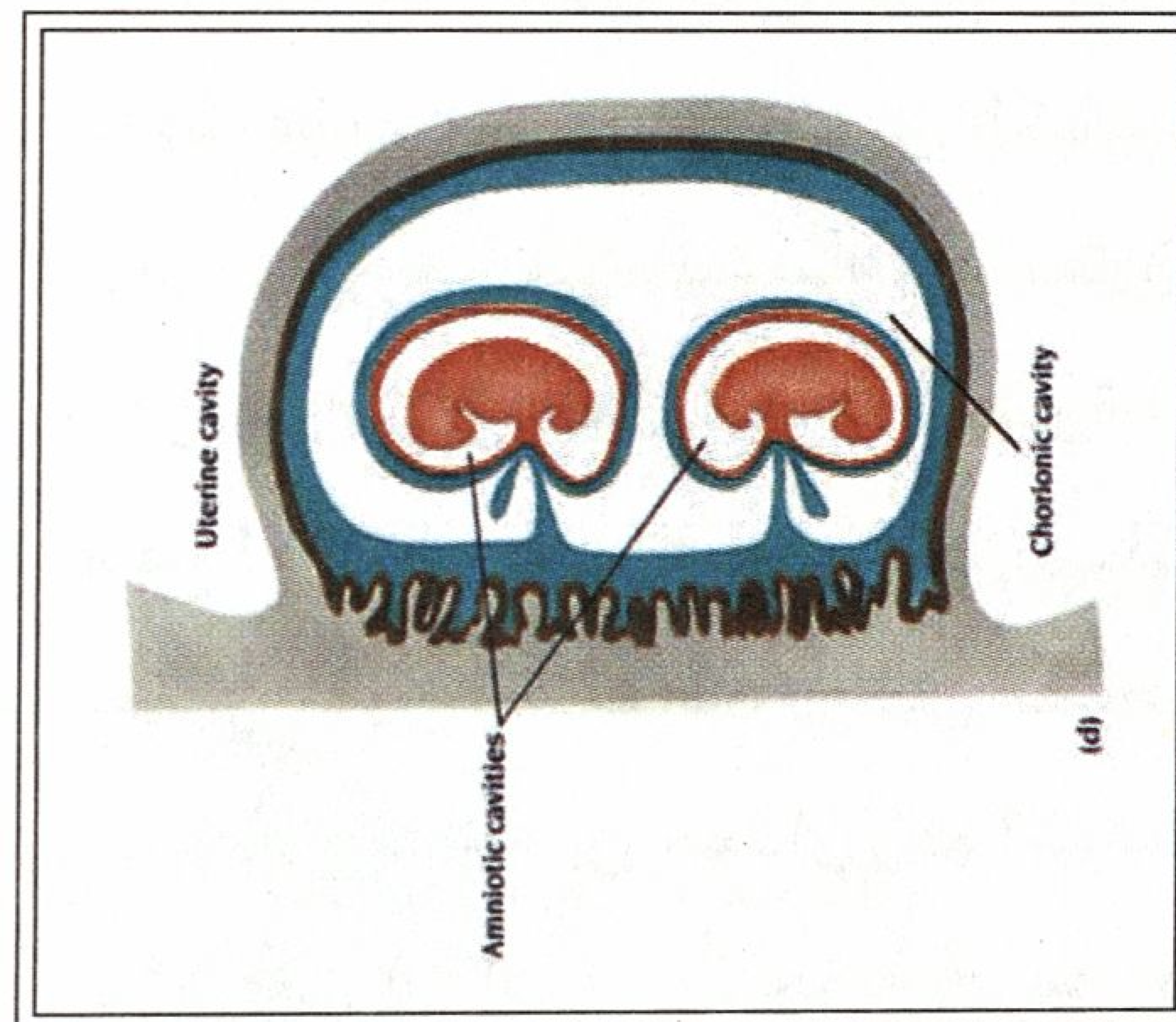
شكل (٩ : ١٥) توائم أخوية (غير متشابهة) لكل جنين مشيمة مختلفة وغشاء كوريون ورهل مختلف

قبل أن نشرح حالة التوائم الموصلية يجدر بنا الإشارة إلى التوائم السيامية حيث إن المقصود بها أي طفلين متصلين أو ملتصقين أو ملتحمين ببعضهما في منطقة من جسدهما وقد سُمِّيا كذلك نسبة إلى التوأمين السياميين بمدينة سيام في جنوب شرق آسيا عام ١٨١١م لأبوين صينيين وكانا ملتصقين من جهة الصدر (القص أو عظم الصدر) إلى السرة وقد جالا كثيرًا من الأماكن بعد أن كبرا يعرضان نفسيهما في السيرك إلى أن استقر بهما القرار في مزرعة بولاية كارولينا الشمالية وتزوجا من شقيقتين إنجليزيتين وأنجبا اثنين وعشرين طفلاً وقد توفيا عام ١٨٧٤م ولم يكن زمن الوفاة بينهما كبيرًا حيث توفي أحدهما بحوالي ساعتين قبل الآخر عن عمر يناهز ثلاثة وستين عامًا. أما التوائم الموصلية فقد جاء ذكرها ـ كما ذكرنا ـ في الجزء الرابع من الكتاب السالف الذكر وننقل هنا نقلاً عن الباحثة هناء بدر حيث تقول في الكتاب: نقلا عن ابن الجوزي أخبرنا محمد عبدالباقي البزاز المعروف بابن أبي طاهر (المتوفى عام ٥٣٥هـ وهو من أساتذة أبي الفرج الجوزي) عن غيره قال: حدثنا جماعة كثيرة العدد من أهل الموصل وغيرهم ممن كنا نثق بهم، ويقع لنا العلم بصحة ما حدثوا به ـ لكثرته وظهوره وتواتره ـ أنهم شاهدوا بالموصل سنة نيف وأربعين وثلاثمائة، رجلين أنفذهما صاحب أرمينية إلى ناصر الدولة الحسن بن أبي الهيجاء عبدالله بن حمدان وهو أخو سيف الدولة، ومن ملوك الدولة الحمدانية بالموصل (المتوفى ٣٥٨هـ) للأعجوبة فيهما وكان عمرهما نحوًا من ثلاثين سنة، وهما ملتصقان من جانب واحد، ومن حد فويق الحقو (الخصر) إلى دوين الإبط (أي أن الالتصاق يبدأ من فوق الخصر بقليل إلى ما دون الإبط بقليل)، وكان معهما أبوهما، فذكر أنهما ولدا كذلك. وكنا نراهما يلبسان قميصين أو سروالين، كل واحد منهما لباسه مفرد إلا أنه لم يكن يمكنهما ـ لالتزاق كتفيهما وأيديهما ـ المشي لضيق ذلك عليهما، فيجعل كل واحد منهما يده التي تلي أخاه من جانب الالتصاق، خلف ظهر أخيه، ويمشيان كذلك، وأنهما يركبان دابة واحدة. ولا يمكن أحدهما التصرف إلا إذا تصرف الآخر معه وإن لم يكن محتاجًا. وأن أباهما حدثهم أنه لما ولدا، أراد أن يفرق بينهما، فقيل له: إنهما يَتْلَفَان لأن التزاقهما من جانب الخاصرة، وأنه لا يجوز أن يفصلا فتركهما.

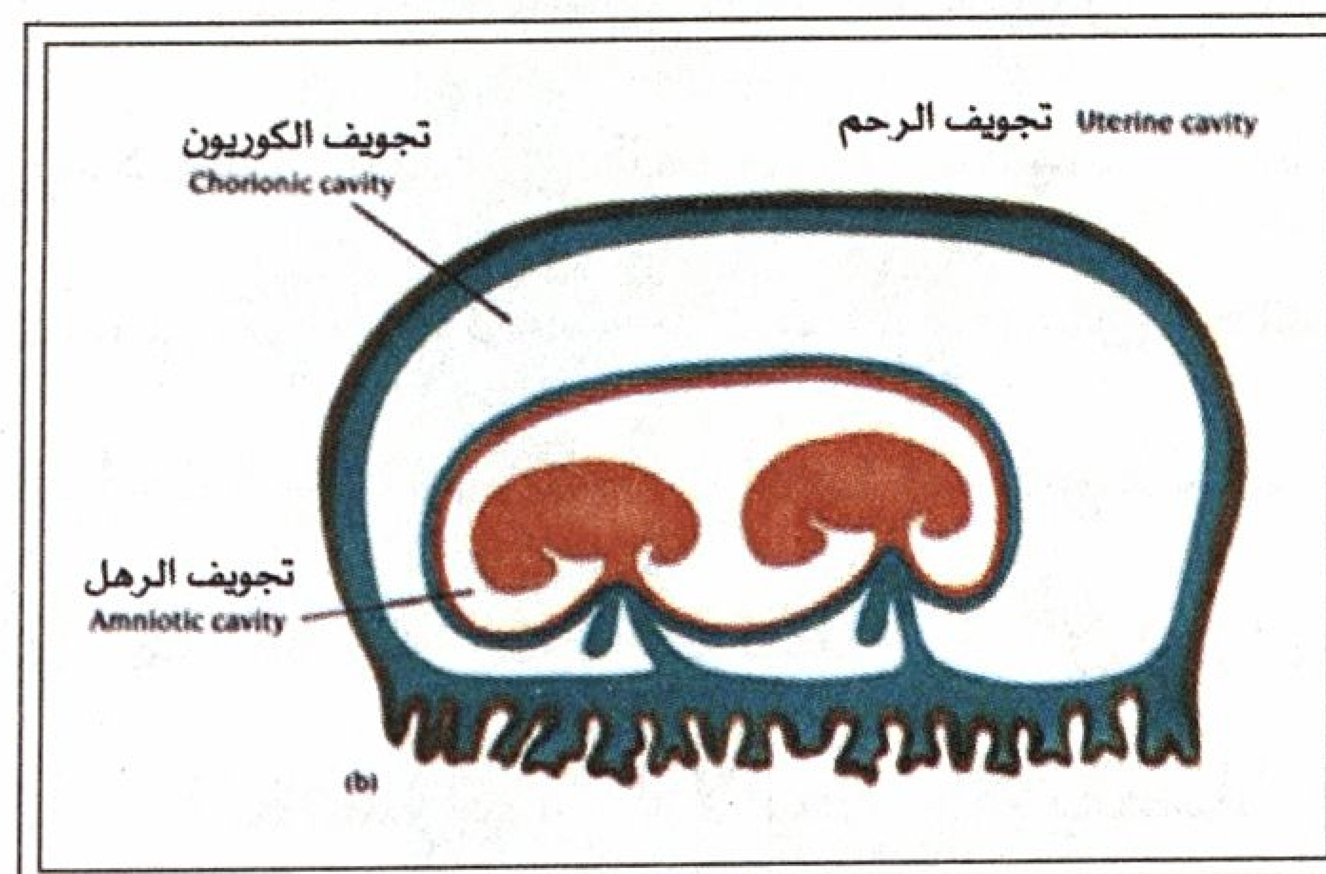
وقد أجازهما (أي منحهما جائزة مناسبة) ناصر الدولة، وخلع عليهما وكان الناس بالموصل يصيرون إليهما فيتعجبون منهما ويهبون لهما وأخبرني جماعة: أنهما خرجا إلى بلدهما، فاعتل أحدهما ومات، وبقي أيامًا حتى أنتن. وأخوه حي لا يمكنه التصرف، ولا

يمكن أبدًا دفن الميت، إلى أن لحقت الحي علة من الغم والرائحة، فمات أيضًا فَدُفِنَا معًا. وكان ناصر الدولة قد جمع لهما الأطباء، وقال: هل من حيلة في الفصل بينهما؟ فسألهما الأطباء عن الجوع: هل تجوعان في وقت واحد. فقالا: إذا جاع الواحد منا تبعه جوع الآخر بشيء يسير من الزمان، وإن شرب أحدنا دواء مسهلاً، انحل طبع الآخر بعد ساعة، وقد يلحق أحدنا الغائط ولا يلحق الآخر، ثم يلحقه بعد ساعة.

فنظروا فإذا لهما جوف واحد وسرة واحدة، ومعدة واحدة، وكبد واحد، وطحال واحد، وليس في موضع الالتصاق أضلاع، فعلموا أن فصلهما تلفًا. ووجدوا لهما ذكرين، وأربع بيضات.



شكل (٩ : ١٦) توأم متشابه، مشيمة واحدة وغشاء كوريون واحد وغشاءان رهليان منفصلان



شكل (٩ : ١٧) توأم متشابه، مشيمة واحدة مختلفة وغشاء كوريون واحد ورهل واحد

ولنا هنا ملاحظة ومداخلة فتقول الباحثة: ولعل ما طلبه ناصر الدولة الحمداني من جماعة الأطباء، لفحص هذه الحالة المرضية الشاذة والغريبة (فحصًا سريريًّا) بمصطلح هذه الأيام الطبي هو الدليل الواضح على أن الأطباء العرب المسلمين ومنذ ألف عام تقريبًا كانوا يقومون بإجراء التشريح على الجثث ويهدفون من ذلك إلى الاطّلاع على الحالات الشاذة عند الإنسان بخلاف ما يتهمهم به الغربيون من عدم القيام بالتشريح. وتضيف رواية التنوخي إلى حكاية توأمي الموصل قائلة: وذكر أبوهما كذلك أنه ربما كان وقع بينهما خلاف وتشاجرا، فتخاصما أعظم خصومة حتى ربما حلف أحدهما لا يكلم الآخر أيامًا، ثم يصطلحان.

إن التوائم الملتصقة، حالة من الحالات النادرة جدًّا في التوائم، ولقد تقدم علم الجراحة اليوم؛ فإنه أصبح من السهل والميسر فصل التوائم الملتصقة وقد نجحت حالات كثيرة من الفصل سواء خارج المملكة أو داخلها، وفصل التوأمين الملتصقين عن بعضهما يجنبهما كثيرًا من المخاطر؛ خاصة إذا أصيب أحدهما بمرض قاتل قد يودي بحياتهما معًا.

صور من حياة التوائم:

لقد سجلت كثير من الدراسات بعضًا من الملاحظات على حياة التوائم المتطابقة ويجدر بنا هنا أن نذكر شيئًا من تلك الملاحظات والصور الحياتية:

- يحبان الأشياء نفسها وهوايتهما واحدة ونسبة ذكائهما واحدة.
- توأم أيقظ زوجته في منتصف الليل وقال لها وهو في غاية الانزعاج إن شقيقه في خطر وعندما أصبحت اتصلت زوجته بعائلة زوجها هاتفيًّا فأخبروها أن شقيق زوجها التوأم أصيب في حادث وأنه في المستشفى.
- لجأت إحدى المدارس إلى حلق شعر أحد التوائم على أن يطيل الآخر شعره دائمًا وذلك للتفريق بينهما حتى لا يدخل أحدهما مكان الآخر في الاختبارات.
- فرق بين توأم متطابق بحيث وضع أحدهما في فصل والآخر في فصل آخر في المدرسة فإذا ضرب أحدهما في فصل بكى الآخر في الفصل الثاني، وعندما يذهب أحدهما إلى خياط والآخر إلى خياط آخر يختار كل واحد منهما قماشًا لبذلة من نفس اللون والقماش.
- يقسّمان كل شيء بينهما بالتساوي، ويفهمان بعضهما بعمق ويجيدان التحدث بالعيون حيث يفهمان بعضهما بدون كلام.

- إذا مرض أحد التوأمين يصاب الآخر بالاكتئاب حتى يشفى توأمه.
- إذا سقط أحد التوأمين لأي سبب فإن الآخر سرعان ما يتجاوب معه بالسقوط مغشيًّا عليه دون أي سبب.
- هناك العديد من الصور الحياتية للتوائم التي توضح جانب التماثل والتطابق وكذا ظاهرة توارد الخواطر والشعور الواحد لكن هذا لا ينطبق على جميع التوائم، فهناك توائم وعلى الرغم من أنها متطابقة ومتماثلة إلا أنها تسجل اختلافًا في الطباع والشخصية وقد لا تلتقي إلا في الصفات الجسدية خلافًا لما هو معروف من أمر التوائم المتماثلة، فما السر في التشابه الكبير في التوائم المتطابقة عمومًا؟

لغز التشابه:

كما ذكرنا فإن التوائم المتطابقة (المتماثلة والمتشابهة) تنشأ من خلية واحدة هي البويضة المخصبة التي أساس تكوينها حيوان منوي واحد وبويضة واحدة وبالتالي فإن أساس المادة الوراثية واحد فعند الانقسام الأول أو الثاني للبويضة المخصبة ينتج عن ذلك خلايا (فلجات) مستنسخة وهي صورة طبق الأصل من البويضة المخصبة.
ومن هنا يمكن اعتبار حالة التوائم المتماثلة صورة من صور الاستنساخ بطريقة فصل الخلايا وهي طريقة قد تم تطبيقها في حالات بشرية ونجحت حيث نتج عنها أجنة متماثلة، لكن السؤال يبقى حول (الخواطر) والتطابق في (السلوك) هل هو مرتبط بالناحية الوراثية أم أن للبيئة والمجتمع دوراً في توجيه السلوك وتغيره؟

الدراسات الحديثة:

منذ فترة طويلة والدراسات والأبحاث تدور حول سلوك التوائم المتماثلة، وأشهر دراسة عملت ما قام به عالم النفس توماس ج. بوشارد في جامعة مينسوتا في الثمانينيات لمعرفة تأثير كل من الجينات والبيئات على سلوك التوائم المتشابهة التي تم عزلها عن بعضها، ومن أغرب الحالات التي سجلها حالة التوأم أوسكار ستور وجاك بوف، ولد الشقيقان في ترينداد من أب يهودي وأم مسيحية ألمانية وبعد طلاق وانفصال أبويهما وذلك بعد ولادتهما مباشرة تفرق على أثره التوأمان وانتقل أوسكار إلى ألمانيا مع والدته حيث نشأ هناك على الدين المسيحي الكاثوليكي وأصبح نازيًّا متعصبًا وعضوًا في الشبيبة الهتلرية

بينما ظل جاك في مدينته التي ولد فيها حيث تبنته عائلة يهودية وانتقل معها إلى أمريكا وكان يدين بالديانة اليهودية، ولم يلتق الشقيقان إلا في مختبر أبحاث جامعة مينسوتا ولكل منهما لغته المختلفة عن الآخر ويشير اختلاف دين كل منهما ـ إذ إن أحدهما يهودي والآخر نصراني ـ على الرغم من أنهما من بطن واحدة إلى حديث المصطفى صلى الله عليه وسلم: (كل مولود يولد على الفطرة فأبواه ينصّرانه أو يهّودانه أو يمجّسانه).

كما أن هناك دراسة علمية في معهد علم النفس العام والمعهد التربوي في روسيا تؤكد أن المؤشرات الأساسية للنشاط البيوكهربائي لدماغ التوائم المتشابهة تكون متشابهة بعكس الحال في التوائم الأخوية حيث تكون متباينة، والعلماء مع أنهم يؤكدون على أن تكوين الجهاز العصبي للتوائم المتماثلة يكون متشابهًا في مواصفاته ـ إلا أن تأثير الظروف البيئية المحيطة بكل توأم تؤخذ في الاعتبار، وذلك ما أشارت إليه دراسة مينسوتا لأسر التوائم تحت عنوان (ما هي الأمور التي تربط التوائم بالعلوم؟) حيث ركزت الدراسة على التوائم المتشابهة وأُسرهم، ومن خلال هذه الدراسة تم توضيح كيفية تفاعل الجينات والبيئة من أجل التأثير على الشخصية ونقاط القوة والضعف والقيم، وكان مما ذكرته الدراسة أن مسألة اختيار رفيق الحياة كزوج أو زوجة بالنسبة للتوائم لا يرتبط على الإطلاق بالجينات إنما هو التقدير الإلهي بما يعرف بالقسمة والنصيب..

وحول سؤال عن توارث الطلاق وهل هناك علاقة بين الطلاق والجينات؟ فإن تفسير نتائج الدراسة على التوائم المتشابهة وغير المتشابهة تقول إنه لا يوجد شيء اسمه جين الطلاق Divovce Gene لكن الطلاق يعتمد على عدة سمات نفسية جميعها تتأثر بالجينات لأن الجينات تؤثر بشدة في الصفات الشخصية، و حيث إن للتوائم المتطابقة سمات متشابهة جدًّا فإن معدلات الطلاق المتشابهة التي تحصل عليها في النتائج إنما تعود لوجود سمات شخصية تتأثر وراثيًّا وتسهم في إحداث الطلاق.

التوائم والحمل:

هناك ثلاثة أسئلة حول التوائم، لها علاقة بالحمل، أولها: ما هي علاقة حبوب منع الحمل بالتوائم؟ وثانيها: وضع الحمل للتوائم كيف يتم؟ وثالثهما: لماذا الحمل بأطفال الأنابيب يكون توأمًا؟

اتضح من عمليات مسح أجريت لمجموعة من التوائم المتطابقة في بريطانيا وكندا واستراليا والولايات المتحدة أن النساء اللاتي كن يتعاطين حبوب منع الحمل لفترة قريبة من الحمل لديهن فرصة لحمل توائم متطابقة أكبر من فرص حمل توائم غير متطابقة، وقد تم عمل هذه الأبحاث في جامعة نيو ساوث ويلز في استراليا بالاشتراك مع رابطة الولادات المتعددة الأطفال في استراليا، وأوضحت الدراسة أن حوالي ٤٠٪ من التوائم الذين ولدتهم أمهات كن يتعاطين حبوب منع الحمل كانوا توائم متطابقة، كما أظهرت نفس الدراسة أن حوالي ٨٠٪ من التوائم المولودين في بريطانيا من أمهات استعملن حبوب منع الحمل كانوا توائم متطابقة، ولا شك أن هناك أسباباً فسيولوجية وهرمونية خلف ذلك ليس محل تفصيلها هنا. أما المرأة الحامل بأكثر من جنين فإنها بلا شك تشعر بانتفاخ زائد بالبطن مع زيادة الإحساس بالحركة ويصاحب ذلك زيادة مطّردة بالوزن، والطبيب المختص غالبًا لا يخفى عليه تشخيص التوائم بالفحص الإكلينيكي، وعادة ما توجه الأم طبيًا فيما يخص رعاية الحمل التوأم حتى تتجنب المضاعفات المحتملة من إجهاض أو ولادة مبكرة. كما تنصح بالمواظبة على أخذ مركبات الحديد وحمض الثوليك لتجنب الإصابة بفقر الدم - لا سمح الله - ويتحتم على الأم كذلك إجراء فحص الموجات فوق الصوتية لمتابعة حالة الأجنة (التوائم) ومعالجتها في الوقت المناسب، وعند قرب موعد الوضع (الولادة) فإن نسبة الولادة القيصرية كبيرة مع حمل التوائم، وذلك لاختلاف وضع التوائم داخل الرحم أو لوجود مضاعفات أثناء الولادة، وعادة ما ينزل أحد التوأمين ثم يلحق به الآخر خلال فترة قصيرة.

لكن هناك حالة سجلت لامرأة إنجليزية (ترايس سبيكمان) توقفت عندها آلام المخاض تمامًا واختفت كل الأعراض التي ترافق المرأة المقبلة على الولادة بعد وضعها لجنينها الأول ولم تعد إليها آلام المخاض من جديد إلا بعد ١٩ يومًا من وضعها الأول.

أما السؤال الثالث وهو ما يخص أطفال الأنابيب وأنه غالبًا ما يكون توأمًا، فذلك لأن الأطباء يُنشّطون المبيض باستعمال أدوية مثل الكلوميد فيحصل على العديد من البويضات فُتخصب خارجيًا ثم تعاد منها مجموعة إلى رحم الأم المهيأ فسيولوجيًا، ويميل الأطباء إلى مثل هذا الإجراء ضمانًا لحصول انغراس البويضات المخصبة في جدار الرحم حيث إن الرحم يعتبرها جسمًا غريبًا عليه فإذا فشلت بعضها فإن البعض الآخر ينغرس وبالتالي تكون حالة التوائم الأخوية غير المتشابهة.

10

الباب العاشر

التكاثر العذري والتلقيح الصناعي

PARTHENOGENESIS AND ARTIFICIAL INSEMINATION

- التكاثر العذري
  - مفهوم التكاثر العذري
  - التكاثر العذري الصناعي
  - تفسير حدوث التكاثر العذري الصناعي
- التلقيح الصناعي
  - مقدمة
  - أنواع التلقيح الصناعي
  - جمع المني والحصول عليه
  - حفظ البويضات
  - التلقيح الصناعي في الحيوانات المعملية والحلقية
  - التلقيح الصناعي في الإنسان (طفل الأنبوب)
  - فوائد التلقيح الصناعي

مفهوم التكاثر العذري:

لقد عرفنا أن هناك ثلاثة أنواع من التكاثر، كان النوع الثالث منها هو التكاثر العذري، حيث تستطيع بعض الحيوانات أن تنتج بويضات لها القدرة على أن تنمو وتعطي جنيناً كاملاً دون تدخل الحيوان المنوي (أي بدون إخصاب). وينتشر حدوث التكاثر العذري في الحشرات بصوره التالية:

أ. تكاثر عذري يحدث من وقت لآخر sporadic ولوحظت هذه الظاهرة في رتبة حرشفيات الأجنحة كما في فراشة دودة القز Bambyx mori والبيض الذي ينقسم يتولد عنه ذكور وإناث.

ب. تكاثر عذري مستمر وثابت constant كما في النحل حيث إنه معروف أن البويضات المخصبة تعطي إناثا في حين أن البويضات غير المخصبة ينتج عنها ذكور.

جـ. تكاثر عذري دوري cyclic بمعنى أن هذا يتم بانتظام بعد تكاثر جنسي عادي كالحال في المن (فصيلة Aphidiae).

وتعرف الحالات السابقة من التكاثر بالتكاثر العذري الطبيعي natural parthenogenesis ولقد لوحظت هذه الظاهرة في مجموعة من اناث السحالي الدفانه التي تعيش في عزلة تامة في الصحاري الجنوبية لأمريكا الشمالية ولقد روقبت هذه الدفانات لعدة سنوات، حتى نلغي فكرة التأخير في الإخصاب، ووجد أنها تتكاثر عذريا وأن الناتج كان باستمرار عبارة عن إناث.



شكل (١٠ : ١) يبين شكل تنين كومودو
Komodo Dragon *Varanus komodoensis*
والذي ثبت أنه يستطيع التكاثر بكريا
المصدر: www.commons.wikimedia.org

التكاثر العذري الاصطناعي Articficial parthenogenesis

هناك حيوانات مثل الجلد شوكيات لا تستطيع البويضات تحت الظروف الطبيعية أن تكون جنينا بدون إخصاب غير أنه اتضح أن مثل هذه البويضات إذا ما تعرضت لمعاملات خاصة فإنها تبدأ في عملية التفلج لتكوين جنين وهو ما يعرف بالتكاثر العذري الصناعي artificial parthenogenesis، وفي مثل هذه الحالات يحاول العلماء في كثير من التجارب محاكاة دور الفعل المنشط للحيوان المنوي ولقد أجريت كثير من البحوث التجريبية على حيوانات مختلفة لأحداث عملية التكاثر العذري الصناعي وكان من أبرز هؤلاء العلماء: Hertwing, Loeb, Harvey, Epele

ولقد استخدمت عدة وسائل لإحداث التكاثر العذري الصناعي منها المواد الكيميائية chemical substances مثل كلوريدات البوتاسيوم والصوديوم والكالسيوم والأحماض العضوية الضعيفة مثل حمض اللاكتيك، ومذيبات الدهون مثل الايثر والأستون والكحول.

كما أمكن الحصول على نتائج مماثلة باستخدام ماء البحر ذي التركيز العالي والتركيز المنخفض hypertonic and hypotonic sea water وكذلك بالصدمات الحرارية والكهربائية المفاجئة، كما أن استخدام الفعل الميكانيكي - مثل وخز البويضات بإبرة دقيقة - يعطى نتائج جيدة في إحداث التكاثر العذري الصناعي، وبالرغم من وجود هذه القائمة الطويلة من العوامل المختلفة التي تسبب التكاثر العذري الصناعي إلا أننا لا نستطيع الجزم بأن أحد هذه العوامل وحده هو السبب الرئيسي في إحداث التكاثر، والواضح أن العامل الذي يحدد طبيعة التفاعل وبدء التفلج يكمن في البويضات نفسها ولا تعدو المؤثرات إلا وسيلة فقط لتنبيه التفاعلات في البويضة.

تفسير حدوث التكاثر العذري الصناعي:

من المعروف أنه في حالة الانقسام الطبيعي في معظم أنواع البويضات أن يتكون المغزل من الجسم المركزي الذي دخل إلى البويضة مع الحيوان المنوي، ولكن الجسم المركزي هنا يغيب في حالة التكاثر العذري الصناعي إلا أن الانقسام يتم في مثل هذه البويضات ويتكون المغزل اللازم للانقسام في مثل هذه الحالات بطرق منها:

١ . من مغزل الجسم القطبي:

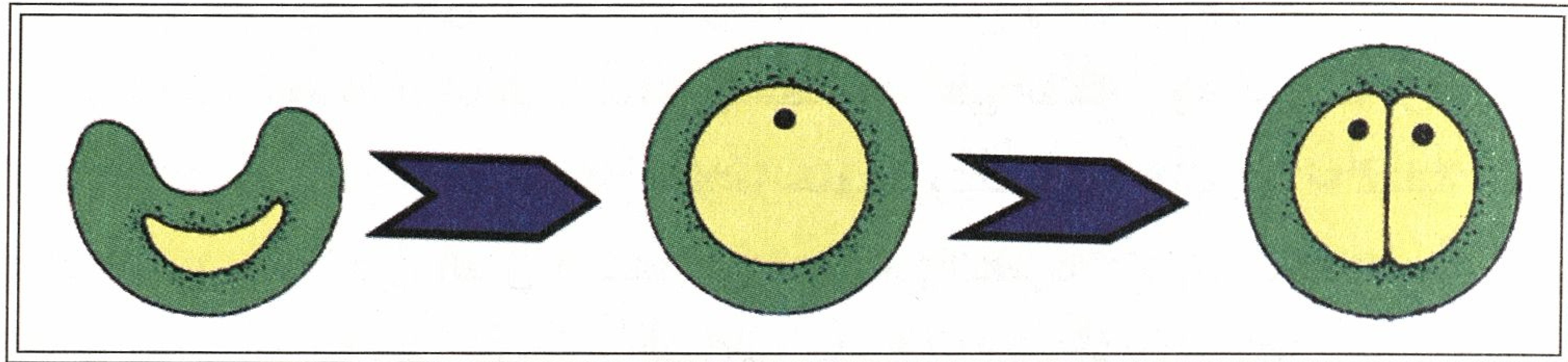
وجد في بعض الأنواع من الحيوانات أن تكوين المغزل يرتبط بتكوين الجسم القطبي كما في حالة قنفذ البحر، فعندما يوضع بيض قنفذ البحر يكون محتويا على قرص جرثومي كبير كما أن القطب الحيواني يكون متميزا بوجود ثملة أو انخفاض واضح، وعند معاملة البيض عند وضعه بماء البحر ذو التركيز الملحي المنخفض فإنه لا يلبث أن ينشط ويبدو ذلك من استدارة شكل البيض كما يتكون غشاء يشبه غشاء الإخصاب وتبعا لتعريض البيض للعامل السابق فإن النتائج كانت على النحو التالي:

أ. عند تعريض البيض للعامل السابق لمدة قصيرة لوحظ استدارته وتكوين غشاء الإخصاب ثم يلي ذلك البدء في عملية التلقيح ومغزل الانقسام في هذه الحالة عبارة عن مغزل الانقسام الذي تكون عند انقسام النضج الأول ليكون الجسم القطبي الأول شكل (١٠ : ٢).

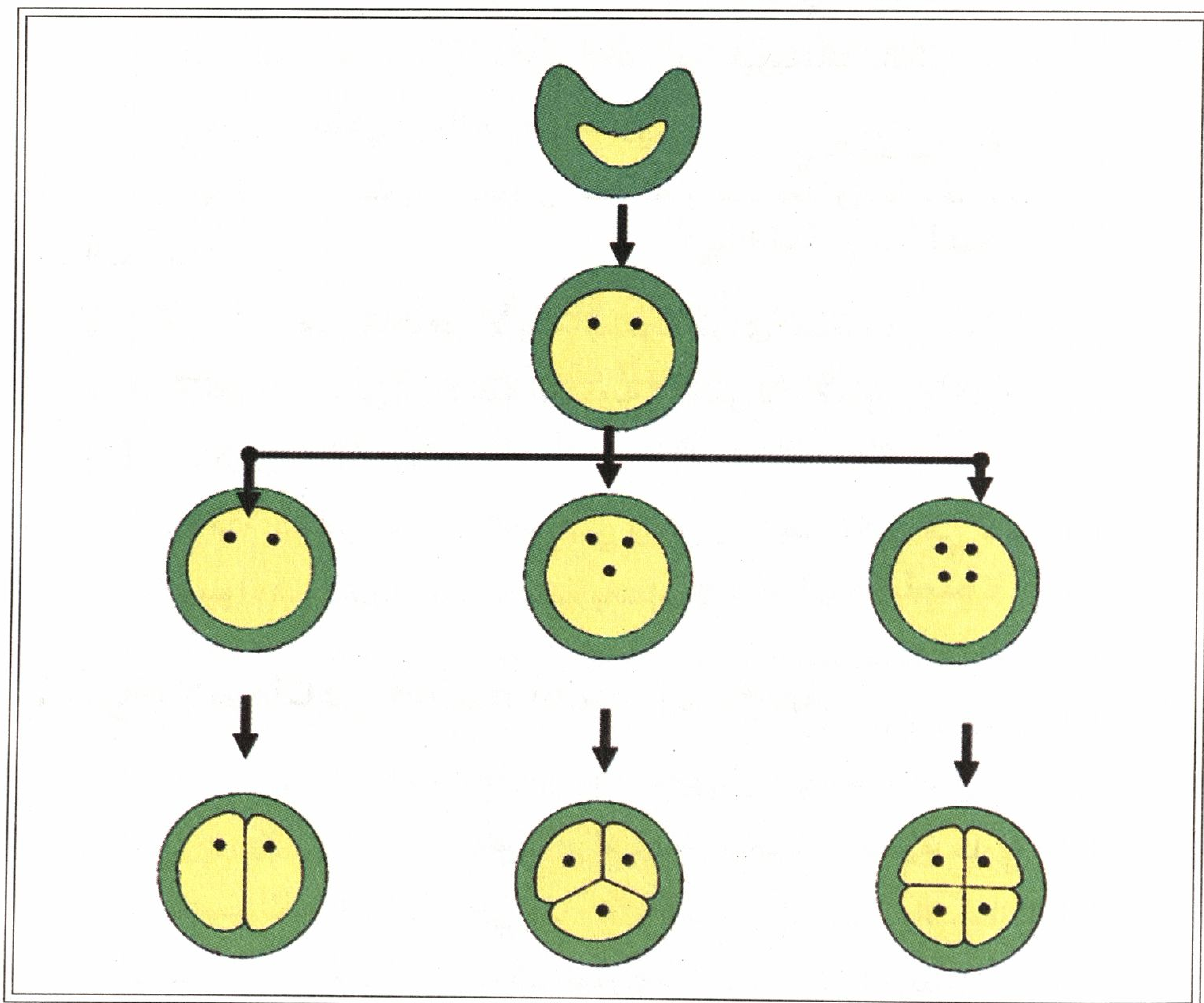
ب. عند تعريض البيض للعامل السابق لمدة طويلة لوحظ أن عملية استدارة شكل البيض قد تمت وكذلك تكوين غشاء الإخصاب غير أن الجسم القطبي الأول قد تكون داخل البيضة التي أصبحت الآن تحتوي على نواتين وفي هذه الحالة نجد أن كل نواه منهما لها مغزل على استعداد للمساعدة في الانقسام الذي ينشأ عنه الجسم القطبي الثاني، وفي هذه الحالة إما أن يُطرد للخارج جسمان قطبيان أو واحد فقط أو لا يطرد من هذه الأجسام القطبية شكل (١٠ : ٣) وبالتالي فإن البيضة إما أن يبقى بها نواتان أو ثلاث أو أربع وعندئذ تنقسم البويضة معطية عددا من الفلجات blostomeres مساويا لعدد الأنوية الموجودة بها ثم تتولى عمليات التفلج لتنتج يرقات طبيعية إلا أن النتائج النهائية في أطوار النمو الأخيرة عادة ما تكون غير طبيعية.

٢. إطلاق أيونات الكالسيوم

إن تدفق أيونات الصوديوم وإطلاق أيونات الكالسيوم داخل البويضة المخصبة (يراجع فصل الإخصاب) يعتبر الفتيل الأول والمفتاح الأساسي في حدوث خطوة رئيسية في عملية الإخصاب وهي بدء التفاعلات للحبيبات القشرية، والتي بدورها تطلق أنزيمات وبروتينات ومركبات معقدة لتؤدي دورا رئيسيا في إتمام عملية الإخصاب، لذلك فإن ما يحدث من تأثير خارجي على البويضة قد يحفزها كيميائيا على زيادة إطلاق ايونات الكالسيوم فتلعب دورها الرئيسي في تحريك وتنشيط البويضة لأن تصبح بويضة لها القدرة على التفلج بعد حدوث التفاعلات الداخلية بها.



شكل (١٠ : ٢) يبين بداية التفلج لبويضات قنفد البحر عند تعريضها لفترة قصيرة لماء البحر ذو التركيز الملحي المنخفض



شكل (١٠ : ٣) يبين بداية التفلج لبويضات قنفد البحر عند تعرضها لفترة طويلة لماء البحر ذو التركيز الملحي المنخفض

٣. الفعل الميكانيكي وإدخال مادة غريبة

لوحظ أنه عند وخز بيض البرمائيات وخاصة الضفادع (البيض غير المخصب) بإبرة دقيقة للغاية ومعقمة أيضاً فإن البيض ينشط ويبدأ في التفلج ولوحظ أيضاً أن النتيجة تكون أفضل ما يمكن إذا حملت إبرة الوخز معها بروتيناً غريباً عند إجراء عملية الوخز الميكانيكي، وقد يكون الفعل الميكانيكي الأول في التجربة الأولى سحب معه بعض البروتين أثناء دخوله إلى البويضة وقد يكون هذا البروتين متخلفا عن تحطم خلوي أثناء مرور البيض في قناة البيض، ولقد أظهرت دراسات الأجنة التجريبي أن حث البيض على الانقسام والتفلج عذريا إنما تأتي من حبيبات تسمى ribo-nucleo protein.

ويمكن تدوين بعض الملاحظات على تجارب التكاثر العذري الصناعي أهمها:

١. أن العوامل المسببة للتكاثر العذري الصناعي للبويضات بالطرق الكثيرة المختلفة إنما هي عوامل تحاكي دور الحيوان المنوي.
٢. أن السبب المحدد لطبيعة العوامل هذه لم يحدد بعد وإنما ذكر تفسيرات لبعض التجارب.
٣. يكون عدد الكروموزومات في الأجنة المتكونة فردي المجموعة الكروموزومية.
٤. معظم النتائج تدل على أن الأجنة المتكونة لا تعيش لفترة طويلة وأكثرها تكون مشوهه وشاذة التكوين.
٥. أن تطبيقات التكاثر العذري الصناعي وتكوين الأجنة يكون في كثير من طوائف الحيوان سواء في اللافقاريات والفقاريات.

التلقيح الاصطناعي Artificial insemination

كما هو معروف فإن الإخصاب الطبيعي في الحيوانات المختلفة يكون على نوعين إما إخصاب خارجي وفيه يتم التقاء الأمشاج المذكرة بالأمشاج المؤنثة خارج الجسم وهذا النوع خاص بالحيوانات التي تعيش في الماء مثل الأسماك العظيمة والبرمائيات حيث يتيح الماء وسطا مناسبا تسبح فيه الحيوانات المنوية حتى تصل إلى البويضات ويتم إخصابها ويشذ عن ذلك بعض الفقاريات المائية مثل سمك القرش حيث يتم الإخصاب في هذا النوع من الأسماك داخليا، والنوع الثاني من الإخصاب هو الإخصاب الداخلي حيث يتم التقاء الحيوان المنوي بالبويضة داخل جسم الأنثى ويكون ذلك عادة في الثلث الأعلى من

قناة البيض حيث يتيح السائل المنوي وسطاً مناسبا تسبح فيه الحيوانات المنوية كما في الطيور والزواحف والثدييات.

وفكرة التلقيح الصناعي الخارجي تحاكي بفعلها فكرة الإخصاب الطبيعي الخارجي وفيها يتم التغلب على بعض الصعوبات التي تمنع من وصول الحيوان المنوي إلى البويضة داخليا، وقد أمكن تطبيق التلقيح الصناعي على كثير من الحيوانات الفقارية سواءً الحيوانات التي تستخدم في التجارب مثل الأرانب والفئران أو الحيوانات الحقلية (الزراعية) مثل الأبقار والغنم والخيول وغيرها، أما بالنسبة للإنسان فقد أمكن تطبيق ذلك في السنوات الأخيرة حيث كانت أول طفلة تم إنجابها عن طريق التلقيح الصناعي الخارجي عام ١٩٧٨ وكان ذلك على يد العالمين باتريك ستبتو P.Steptoe وروبرت ادواردز R.Edwards واشتهر هذا النوع من التلقيح باسم طفل الأنبوب test-tube baby.

أنواع التلقيح الصناعي

أ) التلقيح الاصطناعي الداخلي:

ويقصد به الحصول على المني من الحيوان الذكر أو من الرجل في حالة الإنسان وحقنه في فرج الأنثى ليصل إلى البويضة في قناة فالوب ويعمل على تلقيحها وتكمل بعد ذلك البويضة المخصبة التكوين الجنيني الطبيعي، وتستخدم هذه الطريقة في حالة حيوانات الزراعة مثل الأبقار.

ب) التلقيح الاصطناعي الخارجي:

وفي هذا النوع من التلقيح يتم الحصول على البويضات من الأنثى (بعد معاملتها ببعض الهرمونات المنشطة للمبيض) وتلقح خارجيا في طبق بترى ثم تترك البويضة الملقحة إلى أن تصل إلى طور البلاستولا ثم تعاد إلى رحم الأنثى مرة أخرى أو إناث أخرى وتترك حتى يكتمل التكوين الجنيني، وتستخدم هذه الطريقة إذا كان هناك عائق يجعل الحيوانات المنوية لا تصل إلى البويضة وتستخدم بكثرة في الإنسان.

جمع المني والحصول عليه Sperm Collection

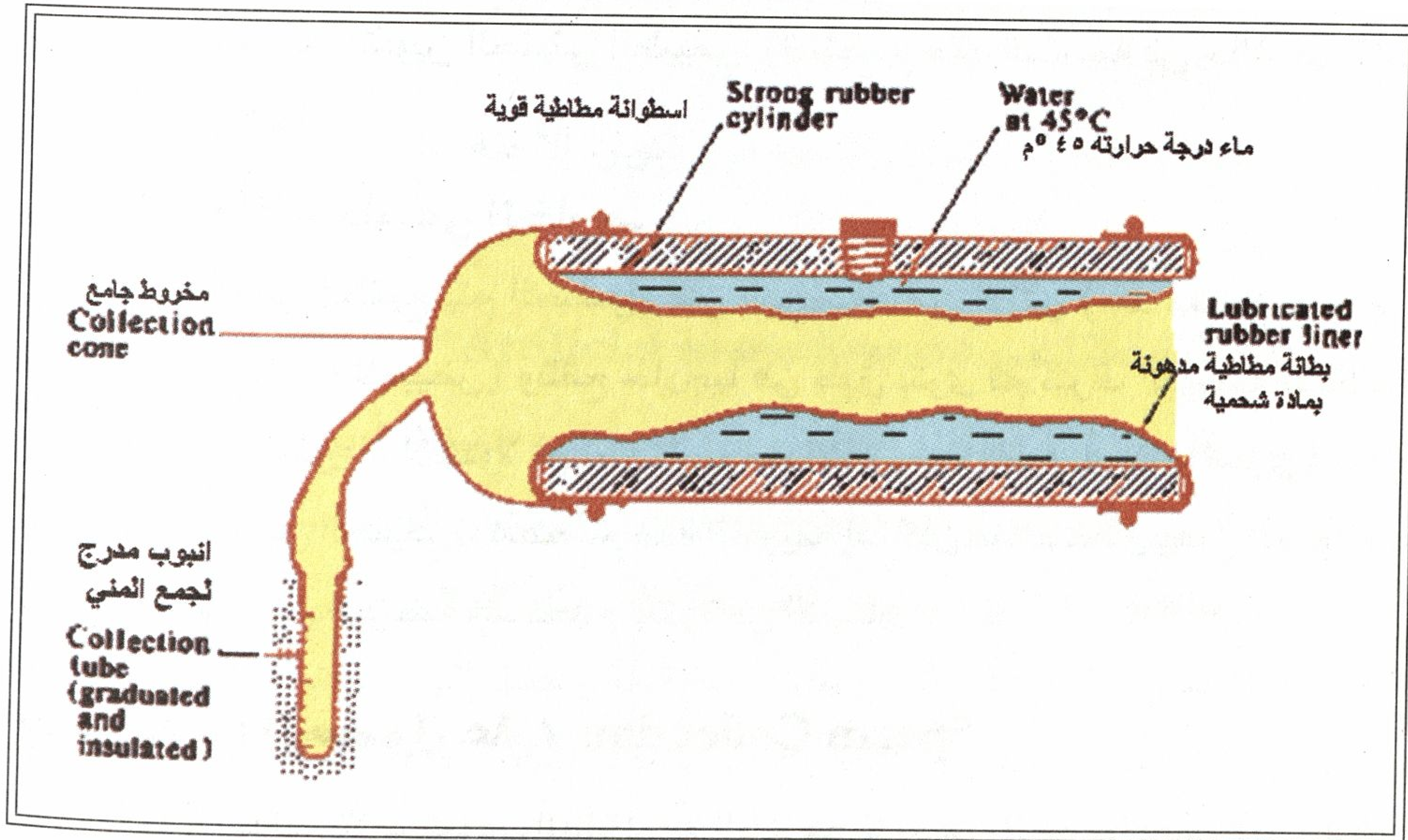
للقيام بعملية التلقيح الاصطناعي الداخلي أو الخارجي لا بد من الحصول على المني الذي يحتوي على عدد كبير من الحيوانات المنوية خاصة في حالة التلقيح الصناعي الداخلي،

أما في حالة التلقيح الصناعي الخارجي in vitro fertilization فإنه يكتفي بالحصول على عدد قليل من الحيوانات المنوية، ويعتبر العلماء أن عملية الحصول على المني من ذكور الحيوانات أسهل بكثير إذا ما قورنت بعملية الحصول على البويضات وذلك لارتباط عملية التبويض بنواحي فسيولوجية خاصة وضرورة معاملة الإناث ببعض الهرمونات التي تعمل على حث المبايض لإفراز بعض البويضات خلال فترة تبويض معينة تقتضى الانتظار والمراقبة.

وهناك عدة طرق مختلفة لجمع السائل المنوي من الحيوانات المختلفة:

١. الطريقة المباشرة وذلك باستخدام التدليك المباشر للقضيب.

٢. استخدام المهبل الصناعي ويمكن وصف المهبل الصناعي عامة بأنه عبارة عن أنبوب مطاطي لين في غلاف مليء بالماء، وفي نهايته يوجد أنبوب مدرج لجمع النطفة بينما الجانب الآخر مفتوح لإدخال الأحاليل، وحيث دفء المهبل هام في إتمام عملية القذف فإن درجة حرارة الماء المستخدم تكون دافئة. ويتم إثارة الذكر عن طريق أنثى أو دمية على شكل الأنثى، وعند اللحظة المناسبة يتم توجيه الاحليل إلى المهبل الصناعي حيث يتم القذف شكل (١٠ : ٤).



شكل (١٠ : ٤) يبين شكل المهبل الصناعي

المصدر: www.biotopics.co.uk

٣. استخدام الالكترود الكهربائي وهي ما تعرف بطريقة القذف الكهربائي وهي تستخدم في حالة الذكور الكبيرة السن أو التي تعاني من العجز أو بعض الأمراض ولا تستطيع الوثب أو في حالة حيوانات التجارب المعملية ويعمل القاذف الكهربائي ببطارية صغيرة توضع في يد معدنية ويحدث القذف بإحداث دفعات كهربائية متكررة وسريعة بين القطبين.

٤. استخلاص المني من الخصية وهذه الطريقة تستخدم مع الثدييات الصغيرة مثل الفأر ويعتمد الأسلوب المستخدم عامة على استئصال الذنب الخصوي cauda epididymis ويوضع في وسط بيئي ويقطع إلى أجزاء صغيرة فنجد أن المني يخرج بالضغط الخفيف أو يطفوا بعد فترة من الوقت وينتج عن هذه الطريقة منى متحرك وقادر على التخصيب بكفاءة.

حفظ المني (بنوك المنى)
Preservation of semen (Semen Bank)

تختلف كمية المني التي يمكن الحصول عليها إلى حد كبير باختلاف الطريقة المستخدمة في جمعها، ومن المعروف أن السائل المنوي المقذوف يحتوي عند التلقيح على عدد كبير من الحيوانات المنوية مع العلم أنه لا يحتاج أكثر من حيوان منوي واحد ليقوم بعملية الإخصاب ولكون مجموعة من الحيوانات المنوية تكون ضعيفة عند القذف فتموت أو تموت خلال رحلتها للوصول إلى البويضة لذلك فإنه عادة لا يصل إلا عدد قليل من الحيوانات المنوية على سطح البويضة في الثدييات (٥٠٠-١٠٠٠ حيوان منوي)، وتعتبر القدرة على الإخصاب من خصائص رأس الحيوان المنوي والحركة من خصائص ذيل الحيوان المنوي لذلك فإن الحيوانات كثيرة التحرك لا يشترط أن تكون قادرة على الخصوبة في نفس الوقت، وتفحص الحيوانات المنوية قبل حفظها تجنبا لحفظ حيوانات منوية تكون ضعيفة أو شاذة التكوين.

بعد جمع المني بأحد أنواع الطرق المستخدمة فإنه يعامل بإضافة بعض المواد التي توفر الطاقة للحيوانات المنوية مثل الجلوكوز أو الفركتوز وإضافة بعض المضادات الحيوية لتجنب التأثير السام لنواتج التمثيل الغذائي للحيوان المنوي.

وتستخدم طريقة التجميد freezing كأحسن طريقة لعملية حفظ الحيوانات المنوية وتعتمد الطريقة على إحلال محلول محل الماء الموجود في السائل المنوي وعادة ما يكون هذا المحلول عبارة عن الجليسرول glycerol وسلفوكسيد ثنائي الميثيل (DMSO) ثم تعرض الحيوانات المنوية بعد ذلك للبرودة الشديدة ثم التجميد وذلك باستخدام النيتروجين السائل في درجة -١٩٦ مئوية تحت الصفر، ويمكن حفظ المني بعد معاملته أما في أنابيب بلاستكية صغيرة أو في أقراص أو بطريقة الأنابيب الشعرية وعند الحاجة إلى استخدام الحيوانات المنوية فإنها تدفأ بالتدريج إلى أن تعود إلى درجة الحرارة الطبيعية، وتختلف نسبة نجاح حفظ الحيوانات المنوية بطريقة التجميد في الحيوانات المختلفة إلا أنه ثبت تجريبيا أن تجميدها ثم إعادتها إلى درجة الحرارة الطبيعية لا يفقدها الخصوبة fertility شكل (١٠ : ٥).



شكل (١٠ : ٥) يبين حافظات الهيدروجين السائل حيث يتم تجميد الحيوانات المنوية وحفظها لفترات طويلة.
المصدر: www.spermbankcalifornis.com

جمع البويضات Collection of Ova

إن نزول البويضات من المبيض مرتبط كلياً بنواحٍ فسيولوجية وهرمونية لذلك فإن المبيض ينشط فسيولوجيا بهرمونات الجونادوتروفين gonadotrophic hormones التي تعمل على زيادة عدد البويضات، ففي الأرنب مثلاً يصل أقصى تبويض صناعي إلى ٦٠ بويضة في الأرنب الواحد، ولكننا نجد أن ما ينجو منها ٢٠-٣٠ بويضة فقط والباقي يموت كما أن أقصى تبويض قد يسبب بعض الشذوذ في الكروموزومات، وعلى أية حال فإن حقن الحيوانات بهرمون الافراس الحوامل pregnant male serum gonadotrophin يؤدي إلى نمو البويضات واستمرار بقائها في المبيض ما لم يتم اضمحلال أو إزالة الجسم الأصفر وعند زيادة الجرعة المستخدمة من الهرمون مع بقاء الجسم الأصفر فإن ذلك يؤدي إلى إفراز العديد من البويضات والعكس فإن الجرعات المنخفضة تعطي عدداً قليلاً من البويضات.

الحصول على البويضات:

١ . من الحويصلة قبل التبويض:

تستلزم عملية جمع البويضات من الحويصلة إجراء عملية استئصال للمبيض وفتق الحوصلة بإبرة ثم تؤخذ البويضات بماصة وغالباً ما تجري هذه المعالجة والمبيض موضوع في وسط بيئي وفي درجة حرارة مناسبة، وهذه الطريقة تستخدم في حيوانات التجارب المعملية ونسبة تخصيب البويضات من هذا النوع غالبا ما تكون منخفضة.

٢ . من سطح المبيض عند التبويض:

بهذه الطريقة يمكن الحصول على بويضات ناضجة تماماً ولكنها لم تتعرض لقناة البيض وبيئتها وإفرازاتها، ويتم ذلك بمراقبة الأنثى فسيولوجياً وتحديد موعد نزول البويضة ثم سحبها بماصة خاصة وهذه الطريقة تستخدم في التلقيح الصناعي في الإنسان.

٣ . من قناة البيض:

وذلك بعد خروج البويضات من المبيض فإن أهداب قناة البيض تتلقفها لتكون في قناة البيض، ويمكن الحصول على البويضات بغسل قناة البيض بمحلول ملحي تنزل معه البويضات وهذه الطريقة تستخدم في حيوانات التجارب المعملية.

حفظ البويضات

بعد تنبيه المبيض بالتأثير عليه بالهرمونات المتحكمة في عملية التبويض فإن المبيض يفرز بويضات عديدة، يستخدم بعضاً منها في عملية التلقيح الصناعي وتحفظ البقية منها إلى وقت الحاجة إليها.

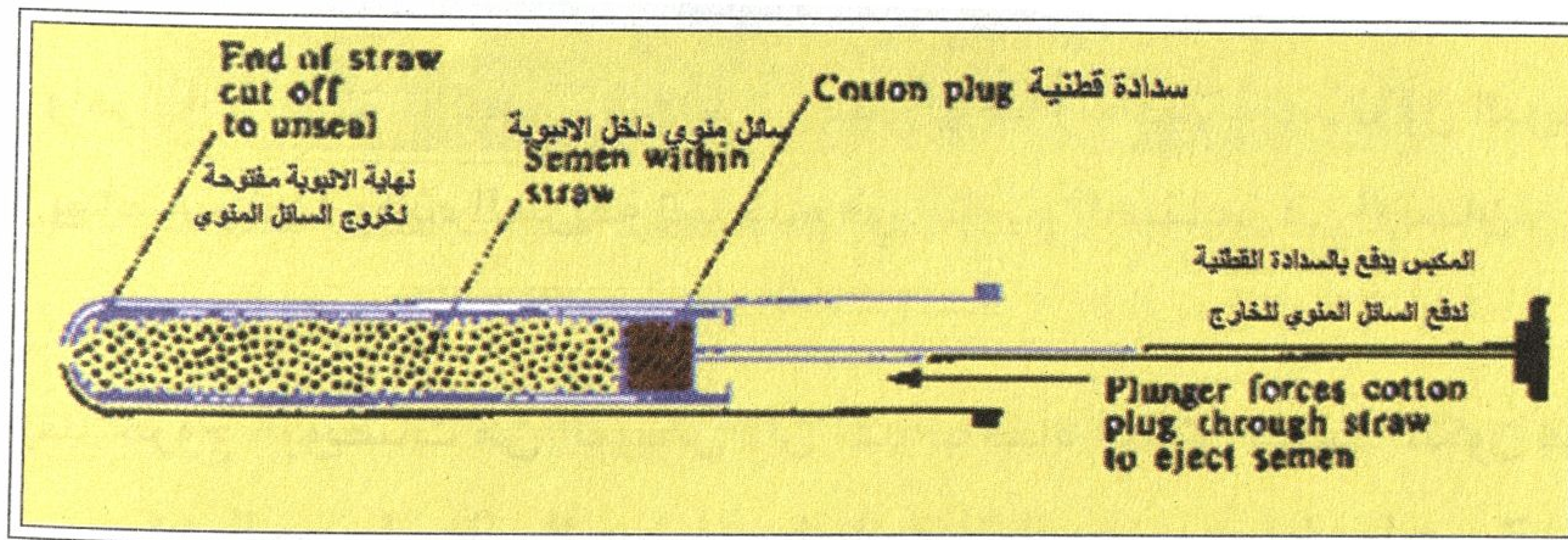
ويمكن حفظ البويضات بأحد الطرق التالية:

١. بوضعها في محلول ملحي متعادل مضافاً إليه مصادر غذائية وبعض البيومن مصل الدم وتستخدم هذه الطريقة لحفظ البويضات لمدة قصيرة.
٢. حفظ البويضات في قناة فالوب (الأرنب) وفي هذه الحالة تربط قناة فالوب (قناة البيض) حتى لا تنتقل البويضات إلى الرحم وتستعمل الأرنب كحضانة ملائمة.
٣. بطريقة التجميد كما سبق ذكرها في حفظ المنى.

التلقيح الاصطناعي في الحيوانات المعملية والحلقية

١. الحيوانات المعملية:

ونقصد بها حيوانات التجارب الصغيرة الحجم مثل الفئران والأرانب والثدييات الصغيرة، وتستخدم الطرق الثلاثة في الحصول على البويضات في التلقيح الصناعي في هذه الحيوانات وفي جميعها تستأصل المبايض بعد مرور ١٢ ساعة تماماً من الحصول على العينة المبوضة من جونادرتروفين المشيمة البشرية human chorionic gonadotrophin وعندئذ يمكن سحب ركام البيض الملتصق بسطح المبيض باستخدام الكلابات وتنتقل إلى وسط بيئي لإخصابها، أما في حالة استخدام البويضات من قناة البيض فإنها تجمع



شكل (١٠ : ٦) يبين الأنبوبة المستخدمة لتوصيل الحيوانات المنوية إلى داخل الانثى

باستئصال قناة البيض وتقطع إلى قطع صغيرة ويكشط ركام البويضات الداخلي أو بتمرير محلول ملحي من قناة البيض يسحب معه ركام البويضات المتكونة.

يستخدم المني المستخلص من الخصية عادة في التخصيب في الأنابيب لهذه الحيوانات ويعتمد الأسلوب المستخدم كما شرحناه آنفاً أو بطريقة أخرى حيث يوضع مشد بين الجزء الأمامي من الجسم والذنب الخصوي cauda epididymis بعد استئصال الخصية ويندفع عند ذلك الوسط في الاتجاه العكسي عن طريق القناة الدافعة وينتفخ الذنب الخصوي ويزداد التضخم والانتفاخ وعندما يصل الانتفاخ إلى ٧٥٪ يعمل قطع صغير بالمقص في موضع الانتفاخ قريباً من الجسم ويندفع عندها نحو ١-٢ ملم من مادة الوسط من خلال الخصية ثم ينساب المني حيث يمكن جمعه في طبق بتري معقم، ومن النادر أن يجمع المني بطريقة القذف بالمهبل الصناعي وهناك استخدامات للحصول على المني بطريقة القذف الكهربائي وإن كانت هذه الطريقة تتسبب في تخثر النطفة وبالتالي قلة نسبة التخصيب في الأنابيب، حيث يتسبب المني المتخثر في عدم استمرار تدفق المني وفي بعض الأحيان بعد أن يحدث جمع المني يتخثر المني في الأحليل ويسبب تلوث المني.

٢. الحيوانات الحلقية:

لقد كان مجال تطبيق التلقيح الصناعي على الحيوانات الحلقية واسعا حيث أمكن تطبيقه على كل من الأغنام والأبقار والخيول، ويمكن زيادة عدد التبويض في الأغنام بحقنها بهرمون دم الأفراس الحوامل بجرعة من ٥٠٠-٧٠٠ وحدة دولية من الهرمون ولقد لوحظ أن الكبش ينتج حوالي ١مل في كل قذفة في المهبل الصناعي وتركيز الحيوانات المنوية في السائل المنوى للأكباش يتراوح بين ٣-٥ آلاف مليون حيوان منوي للحصول على الحد الأعلى للخصوبة ويمكن تلقيح ٣٠-٥٠ نعجة بقذفه واحدة.

وينتشر حديثاً استخدام التلقيح الصناعي الداخلي في الأبقار حيث يمكن الحصول على الحيوانات المنوية ذات الصفات المرغوب فيها (يمكن الحصول على النوعية والصفات المطلوبة من خلال كتيبات تصدر كل عام من مزارع تجارية عالمية) مجمدة في النيتروجين السائل، وبعد الحصول على الحيوانات المنوية يتم إدخال مليلتر من السائل المنوي المخفف إلى عنق الرحم باستخدام أنبوبة تلقيح زجاجية أو بلاستكية معقمة شكل (١٠:٦).

أما بالنسبة للخيول فإن حجم القذفة الطبيعية للحصان تبلغ حوالي ٧ مليلتر من السائل المنوي الذي يحتوي على حوالي عشرة مليون حيوان منوي، ولقد واجه استخدام التلقيح الصناعي في الخيول معارضة شديدة من جمعيات في بريطانيا وأمريكا مما أدى إلى قلة استخدامه وضعف تطويره.

ومما يجدر ذكره هنا أن المحميات الخاصة بإنماء الحياة الفطرية وإعادة بعض الأنواع المهددة بالانقراض إلى الحياة الفطرية أمكنها استخدام التقنية الحديثة للتلقيح الصناعي بنفس الأسلوب المذكور سابقاً مما يعطي تكاثراً ملحوظاً لنوعية الحيوانات المهددة بالانقراض.

التلقيح الاصطناعي في الإنسان Artificial Human Fertilization

إن تجارب التلقيح الاصطناعي في الحيوانات المختلفة أعطى صورة واضحة عن مدى إمكانية تطبيق ذلك على الإنسان، فكانت هناك تجارب متكررة ومحاولات مختلفة استفاد العلماء من أخطاء كل تجربة ومحاولة إلى أن استطاعوا من تطبيق جميع أنواع التلقيح الاصطناعي على الإنسان سيما أن هناك أسباب رئيسية أدت إلى التفكير الجاد في الاستفادة من التلقيح الص ناعي وهي حالات العقم التي تصيب كل من الرجل والأنثى، والعقم على نوعين، عقم كلي وهو عدم قدرة الأمشاج نفسها على الإخصاب وصاحبه مقدر له من لدن حكيم خبير أن يكون بلا ذرية (ويجعل من يشاء عقيماً)، وعقم جزئي وهو الذي يكون سببه أحد العوامل التي يمكن معالجتها ففي الرجال مثلاً قد يكون السبب أحد الأمراض مثل أمراض الغدة النخامية أو انسداد الحبل المنوي أو التهاب الحويصلات المنوية أو أمراض الاحليل أو قد يكون سببه العجز الجنسي لدى الزوج وقد يكون أيضاً العقم ناتجاً عن ضعف الحيوانات المنوية وقلة عددها عند القذف، وعند النساء يكون العقم الجزئي ناجماً عن أمراض تصيب المهبل أو الرحم أو انسداد قناتي فالوب أو غير ذلك من الأمراض المختلفة.

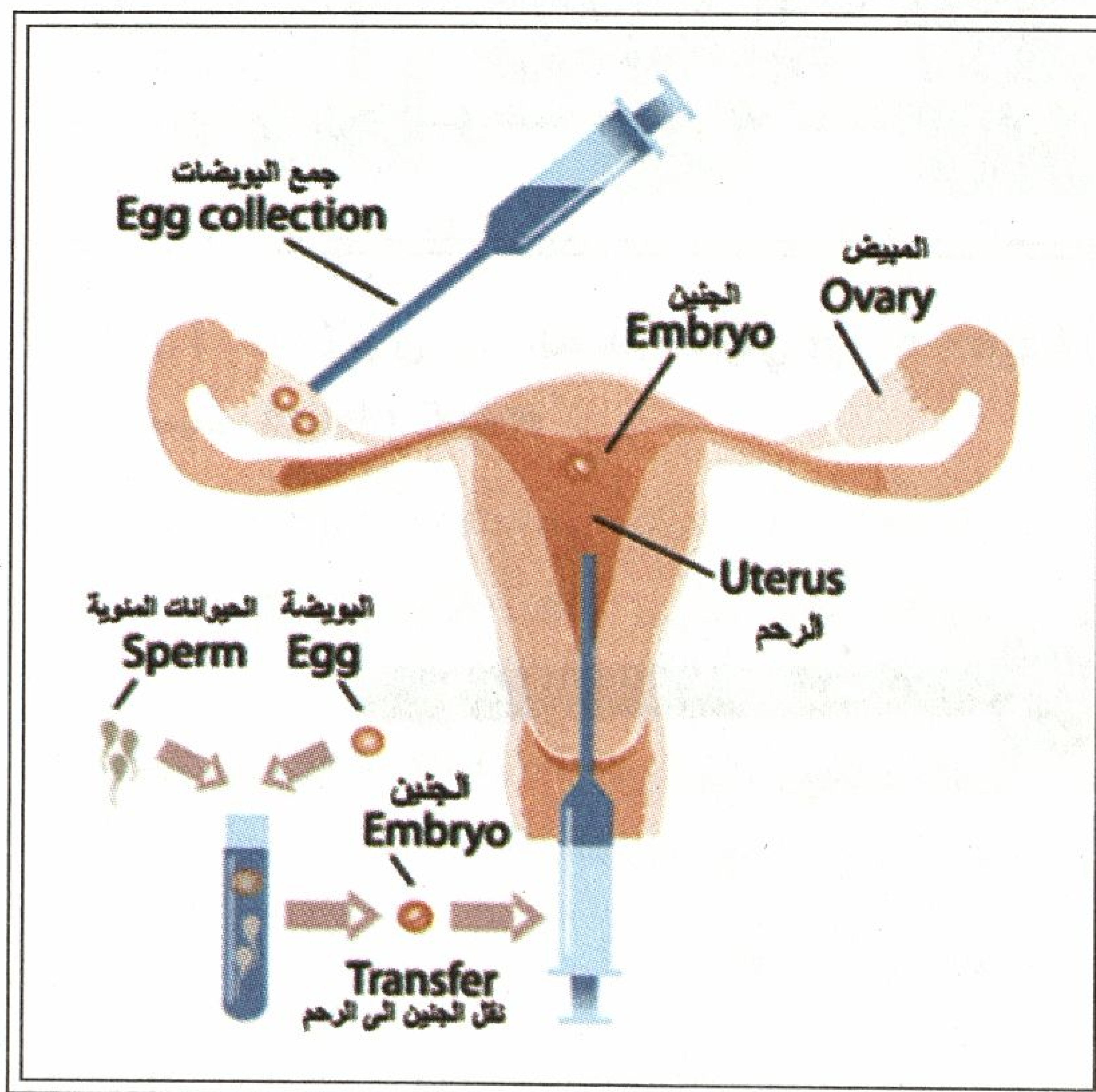
التلقيح الاصطناعي الداخلي:

ويعتبر هذا النوع من التلقيح علاجاً لبعض أنواع العقم عند الرجال حيث إنه عند القذف لا يتم قذف إلا عدد قليل من الحيوانات المنوية التي تموت خلال رحلتها إلى قناة البيض وحتى تصل إلى البويضة وقد تكون في نفس الوقت ضعيفة الحركة، لذلك فإن الطبيب يقوم

بأخذ مجموعة من الحيوانات المنوية من الرجل ويدخلها بواسطة أنبوبة خاصة (وذلك بعد فحصها تحت الميكروسكوب) إلى داخل الرحم حيث تنتقل إلى قناة فالوب وتلتقي بالبويضة وتعمل على تلقيحها ثم تستمر البويضة المخصبة بتتابع الخطوات الطبيعية للتكوين الجنيني.

التلقيح الاصطناعي الخارجي (طفل الأنبوب):

تتم عملية الإخصاب الطبيعي في الثدييات عموماً في الثلث الأخير من قناة البيض حيث تلتقي البويضة مع الحيوان المنوي وتتم عملية الإخصاب بدخول أحد الحيوانات المنوية القادمة خلال رحلتها الطويلة عبر المهبل ثم تبدأ عمليات التفلج إلى خليتين ثم أربع ثم ثمانية إلى أن تصل إلى مرحلة البلاستولا وتسير البويضة الملقحة خلال قناة البيض إلى أن تصل إلى الرحم وتنغرس في جداره وتكمل عملية التكوين الطبيعي، فعند انسداد قناة البيض في المرأة فإن الحيوانات المنوية لا تستطيع الوصول إلى البويضة وهذا ما حدث للمريضة ليسلي براون فعمد كل من العالمين ستبتو وادوارد عام ١٩٧٨، إلى عملية الإخصاب الخارجي حيث أخذت البويضة وأخصبت بمني زوجها خارجياً وتركت حتى مرحلة متقدمة ثم أعيدت إلى رحم المرأة فاستكمل الجنين تكوينه وكانت النتيجة الأولى الناجحة لطفل الأنبوب ثم تولى بعد ذلك نجاح حالات كثيرة من التلقيح الصناعي الخارجي شكل (١٠ : ٧).



شكل (١٠ : ٧) يبين ملخص خطوات التلقيح الاصطناعي الخارجي
المصدر: www.abc.net.au

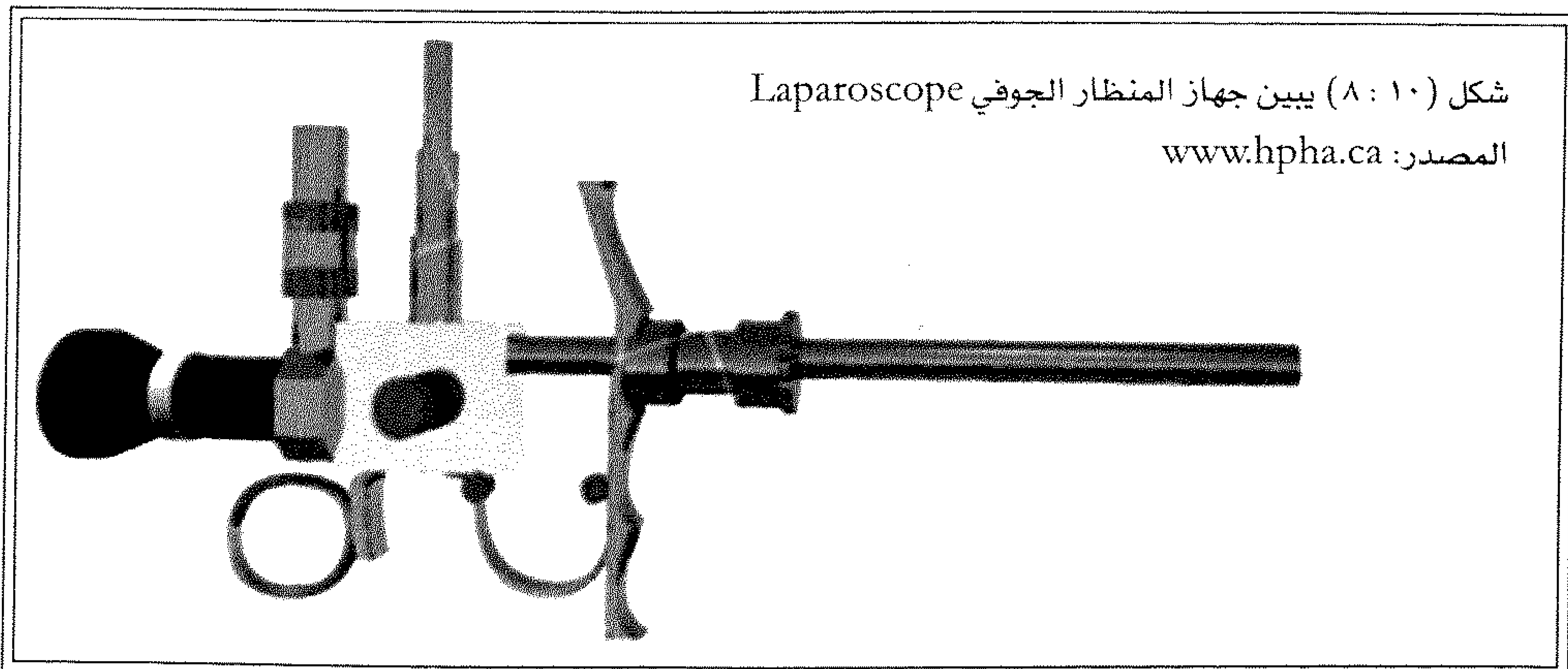
خطوات التلقيح الاصطناعي الخارجي:

ا) مرحلة الحصول على الأمشاج:

الحصول على الأمشاج الذكرية (الحيوانات المنوية) من الرجل أسهل بكثير إذا ما قورنت بالحصول على البويضات من المرأة ويعتبر جهاز المنظار الجوفي Laparoscope شكل (١٠ : ٨) من أحسن الأجهزة استخداماً للحصول على البويضة حيث يتم إدخال منظار طبي في جوف البطن عن طريق إحداث شق صغير في البطن ومن خلاله يتابع الطبيب خروج البويضة من المبيض ويسحبها بعد ذلك بالشفط، حيث يتم خروج البويضة من حويصلة جراف ثم توضع البويضة في محلول ملحي متوازن إذا أريد استعمالها مباشرة أو تبرد ثم تجمد إذا أريد الاحتفاظ بها لفترة طويلة شكل (١٠ : ٩).

ب) مرحلة الفحص والإخصاب:

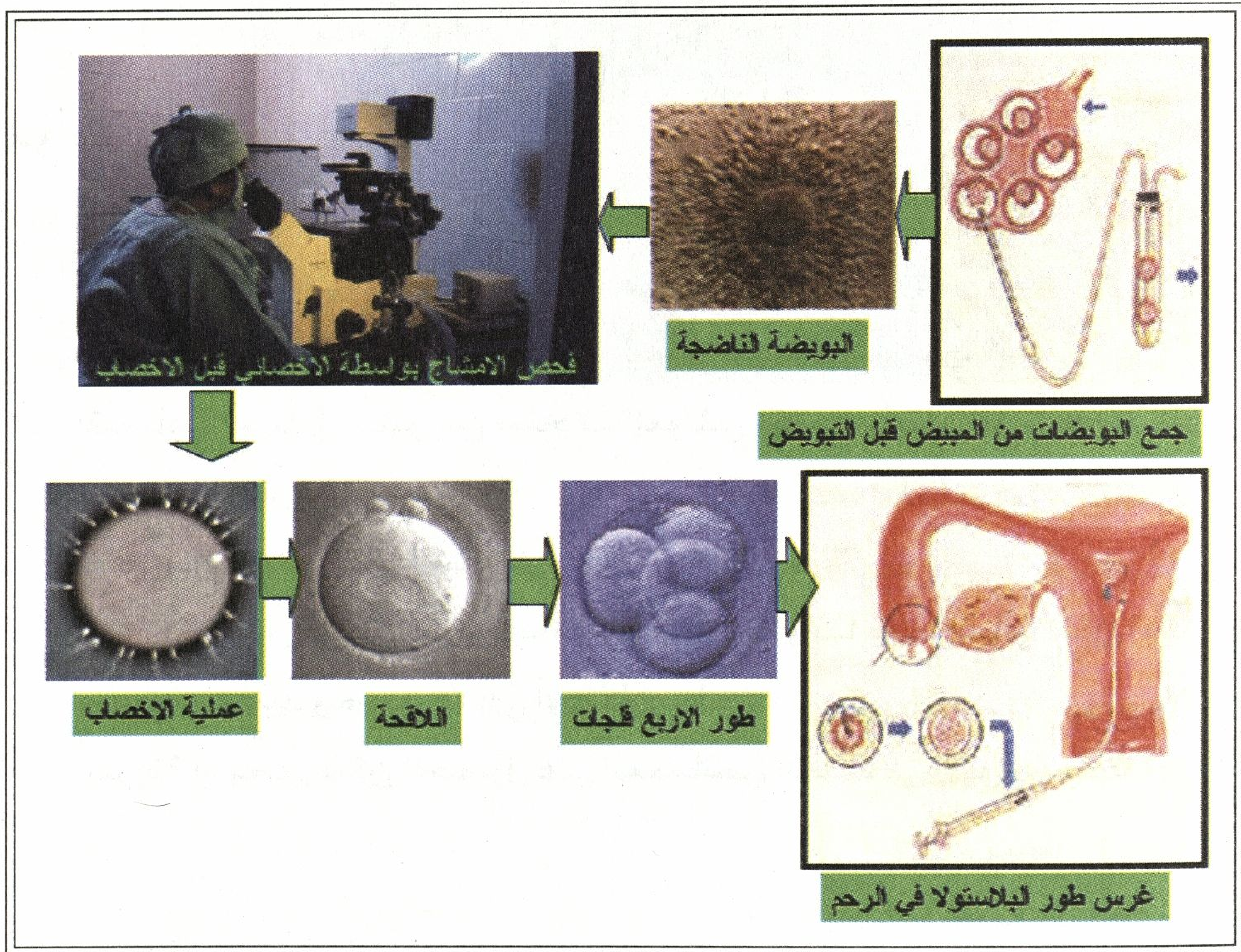
بعد الحصول على الأمشاج من كل من الزوجين فإن الطبيب يفحص أولاً كل من الحيوانات المنوية والبويضات تحت المجهر وذلك لتجنب الأمشاج الشاذة التكوين أو المشوهة ثم يتابع حدوث عملية التلقيح بعد وضع كل من البويضة والحيوانات المنوية في طبق صغير يحوي على محلول فسيولوجي خاص إلى أن تتم عملية الإخصاب ثم يليها تفلجات البويضة المخصبة إلى خليتين ثم طور الأربع خلايا فالثمانية إلى أن تصل إلى مرحلة البلاستولا blastula stage شكل (١٠ : ٩). في بعض الحالات يكون عدد الحيوانات المنوية غير كافي أو تكون الحيوانات المنوية غير قادرة على اختراق أغشية البويضة فيتم إدخال الحيوان المنوي إلى داخل سيتوبلازم البويضة Intracytoplasmic sperm insertion شكل (١٠ : ١٠).



شكل (١٠ : ٨) يبين جهاز المنظار الجوفي Laparoscope
المصدر: www.hpha.ca

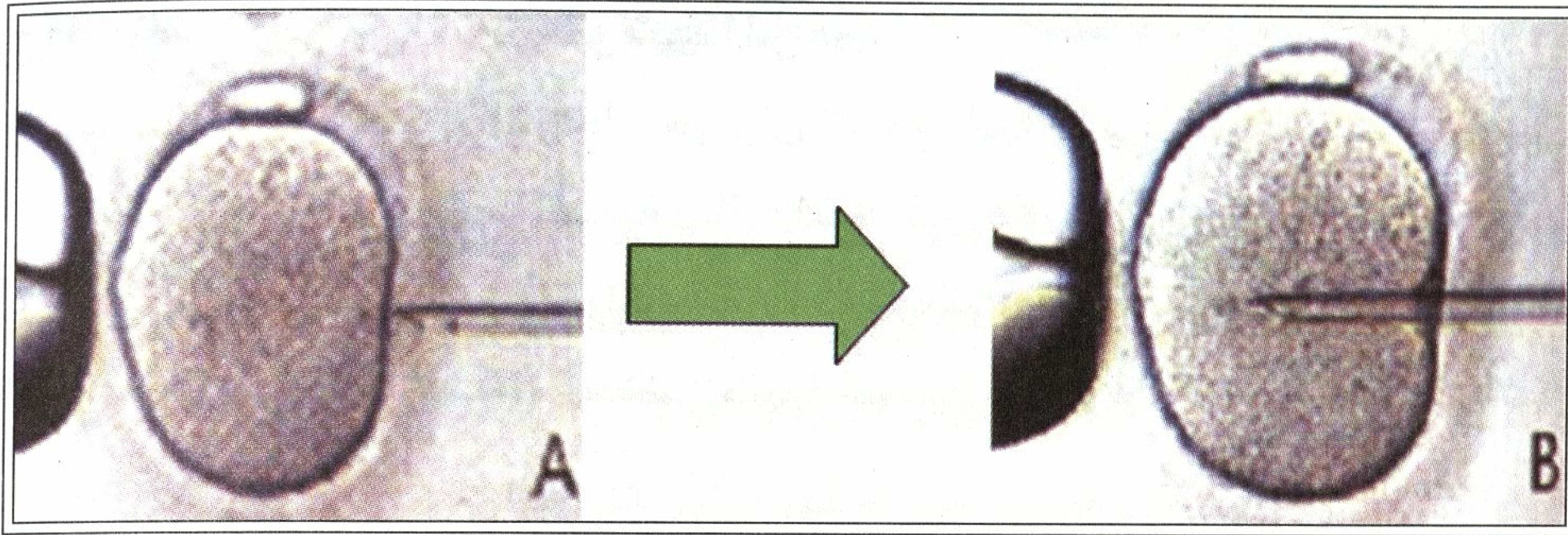
ج) مرحلة انغراس البلاستولا في الرحم:

وهذه المرحلة هي أصعب المراحل حيث إن الرحم نادراً ما يستجيب لانغراز واستقبال أي جسم غريب وهذه مناعة طبيعية ربانية لذلك فإن فشل التلقيح الصناعي الخارجي غالبا ما يكون في هذه المرحلة ولكن إذا ما تم استقبال الرحم للجنين وأرادت القدرة الإلهية تكوين جنين فإن الرحم يحتضن ضيفه الجديد إلى أن يكمل تكوينه الطبيعي شكل (١٠ : ٩).



شكل (١٠ : ٩) يبين الخطوات المتبعة في عمليات التلقيح الصناعي الخارجي (طفل الأنبوب) في الإنسان حيث يتم في البداية جمع البويضات من المبيض ثم فحص الأمشاج.
بعد ذلك تتم عملية الإخصاب الخارجي بوضع الحيوانات المنوية مع البويضة فينتج من ذلك اللاقحة التي يتم تحضينها حتى تصل لطور البلاستولا حيث يتم غرسها في رحم الأم.

المصدر (بتصرف): www.nttbc.com



شكل (١٠ : ١٠) يبين طريقة حقن الحيوان المنوي داخل البويضة
المصدر: Intracytoplasmic sperm insertion

فوائد التلقيح الصناعي:

١. أمكن بالتلقيح الصناعي التغلب على مشكلة العقم الجزئي في كثير من الأحيان فأدخل السرور على من كانت مشكلته في الإنجاب جزئية وليس سببها الرئيس هو العقم الكلي بأن الأمشاج أصلاً لا تخصب (ويجعل من يشاء عقيماً).
٢. اقتصاديا حيث إن كثير من أصحاب المواشي يكتفون بإبقاء ثور واحد مقابل كل عشرة آلاف بقرة.
٣. حفظ سلالات من الحيوانات لفترات أطول.
٤. توفير تكلفة نقل حيوانات بكاملها من بلد إلى آخر وإنما يكتفى حالياً بنقل الأمشاج بطريقة التجميد وتصديرها إلى أي مكان مطلوب.
٥. بطريقة التهجين يمكن الحصول على الخصائص الجيدة في الأنواع المختلفة.

11

الباب الحادي عشر

التشوهات الخلقية

CONGENITAL MALFORMATION

- مقدمة
- الفترة الجنينية الحرجة
- الدراسة التجريبية
- العامل الوراثي
- العوامل الخارجية
  - الإشعاع
  - الفيروسات
  - الأدوية
  - المواد الكيميائية
  - المضادات الكيميائية
  - الهرمونات
  - الأمراض
- استخدام تقنية زراعة الأنسجة في دراسة التشوهات الخلقية

تتم عملية التكوين الجنيني في مسار ثابت ومحدد وبترتيب خاص في كل مجموعة من الحيوانات إلا أن العمل في مجال الأجنة التجريبي استطاع أن يتعرف إلى كثير من العوامل المختلفة التي تؤثر على عملية التكوين الجنيني وتتسبب في إحداث أنماطاً مختلفة من التشوهات الخلقية، تعرف هذه التأثيرات تحت تخصص في علم الأجنة هو علم دراسة التشوهات الخلقية teratology وهو يدرس التغيرات الكبيرة والتأثيرات المختلفة التي تطرأ على التنظيم البنائي والشكلي.

يمكن تعريف التشوهات الخلقية congenital malformations على أنها تكوينات شاذة تشريحياً عند ولادة الجنين أو فقس البيضة في أجنة الزواحف والطيور ويكون ذلك على المستوى التشريحي البيّن macro-scopic أو التشريح الدقيق microscopic وتكون واضحة على السطح الخارجي للجسم أو داخله بحيث تؤثر على بعض وظائف الأعضاء الداخلية، وحتى عام ١٩٤٠م كان يعتقد أن الأجنة البشرية تحمي من تأثير العوامل الخارجية (البيئة) environmental بواسطة الأغشية الجنينية وجدار البطن والرحم إلى أن تقدم أحد العلماء عام ١٩٤١م بأول حالة ودليل على تأثير أحد هذه العوامل على التكوين الجنيني وهو تأثير فيروس Rubella المسبب للحصبة الألمانية على التكوين الجنيني حيث إنه يسبب تشوه خلقي إذا كانت الأم مصابة به في الأطوار المبكرة من الحمل، وفي عام ١٩٦١م أشار لنز Lenz إلى دور الأدوية في إحداث التشوهات الخلقية للإنسان ومعروف أن التشوهات الخلقية قد تكون وراثية أو يكون سببها أحد العوامل الخارجية وتقدر نسبة حدوث التشوهات الخلقية الناتجة من العوامل الخارجية بحوالي ١٠٪ تظهر نسبة ٢-٣٪ منها عند الولادة بينما تظهر نسبة أخرى في السنة الأولى من عمر الجنين.

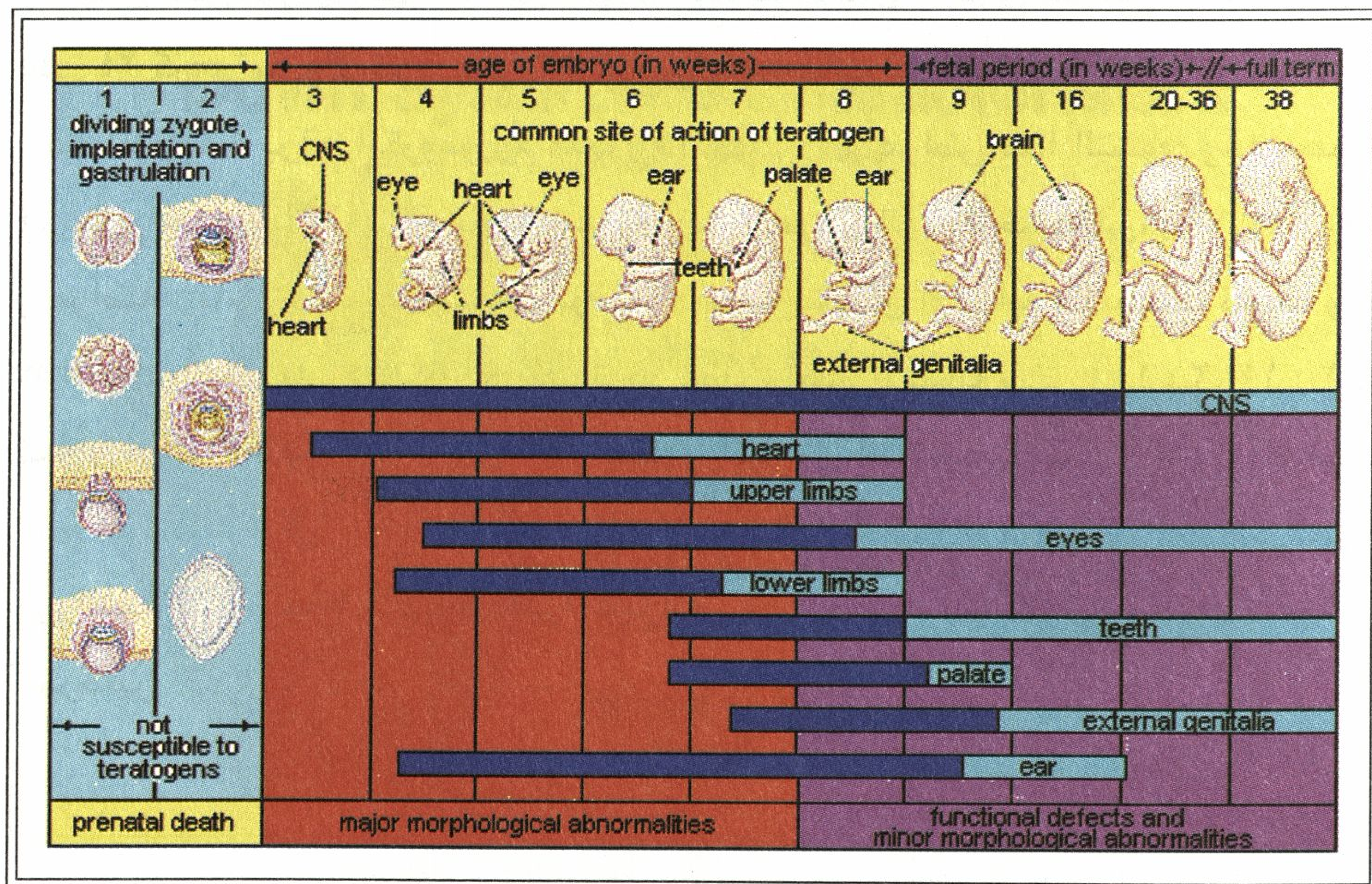
الفترة الجنينية الحرجة Critical Embryonic Period

هناك ثلاث مراحل جنينية يتباين فيها تأثير العوامل الخارجية environmental factors

أ. مرحلة ما قبل التمايز: عند تعرض الأجنة في هذه المرحلة إلى أحد العوامل المؤثرة فإن الخلايا تتلف وتموت الأجنة في مهدها وعند بقاء بعض خلايا الجنين حية دون أن تتعرض للتلف فإنها تعوض ما تلف منها وتكمل مسيرتها التكوينية.

ب. المرحلة الحرجة أو الحساسة critical or sensitive period وهي مرحلة تكوين الأعضاء وتأسيها فإذا تعرض الجنين في هذا العمر لأي عامل خارجي (أدوية، أشعة...) فإنه سرعان ما تتأثر بعض الأجهزة وتحيد عن مسارها الطبيعي لتعطي تكوينا شاذا ومشوها.

ج. مرحلة النمو حيث تنمو في هذه المرحلة الأعضاء وعند تعرضها لأحد العوامل السابقة يمكن أن تسبب للأجنة المتكونة بعض التشوهات البسيطة ويكون التأثير أكثر على النواحي الفسيولوجية للأجنة وذلك لأن حساسية خلايا الجنين للعامل المشوه تتناقص تدريجياً كلما تقدم الجنين في العمر.



شكل (١١ : ١) يبين الفترات الجنينية الحرجة والأعضاء المستهدفة خلال أشهر الحمل المختلفة

المصدر: www.embryology.med.unsw.edu.au

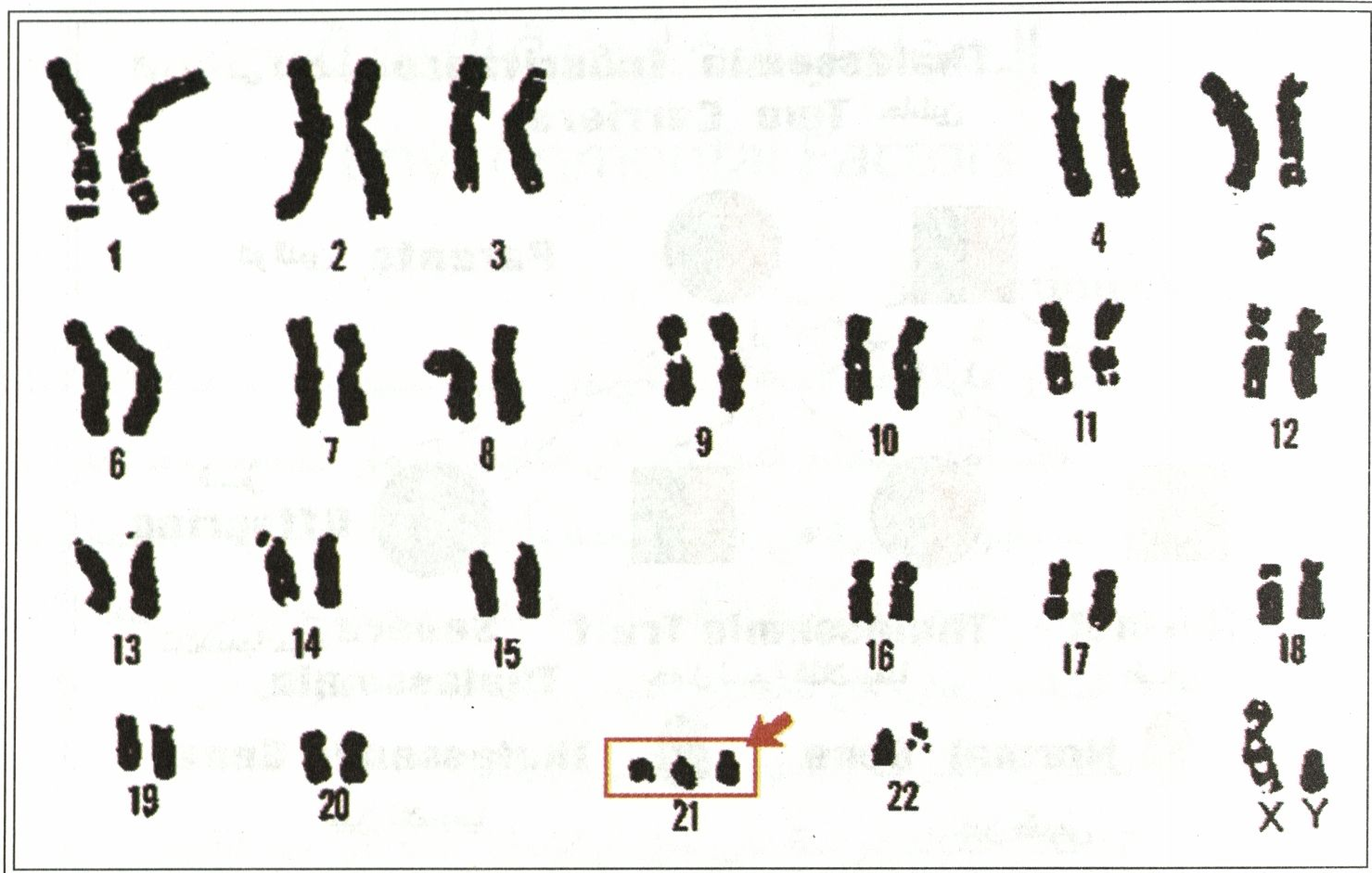
الدراسات التجريبية Experimental Studies

كانت معظم الدراسات التجريبية مقصورة على طائفتي الطيور والثدييات (الدجاج، الفئران) ولكن لا نستطيع أن نجزم أن ما يؤثر على حيوانات التجارب لابد وأن يؤثر بنفس الدرجة على الإنسان إلا أنه يمكن أن يتأكد التأثير بإجراء التجارب على عدة أنواع مختلفة من الثدييات مثل الأرانب والقرود إضافة إلى الفئران ويستحسن استخدام الفم والحقن كطريقتين متنوعتين للتأثير.

قد يكون سبب التشوهات الخلقية عامل وراثي ينتقل عبر الأجيال من خلال الكروموزومات الشاذة أو قد يكون سببه أحد العوامل الخارجية التي يتعرض لها الجنين أثناء تكوينه.

العامل الوراثي Gentic Factor

إن من أهم الحالات التي تتسبب في إحداث التشوهات الخلقية بالعامل الوراثي هو ما يعرف بـ trisomy وهي حالات تتميز بوجود كروموزوم إضافي حيث إننا نجد في الأحوال العادية عند حدوث الانقسام المنصف أن يذهب كل كروموسوم إلى خلية ولكن قد يحدث عدم انفصال الكروموزمين فيذهبا إلى خلية واحدة فقط دون الأخرى فتصبح الأولى محتوية على ٢٤ كرموزوم والأخرى على ٢٢ كروموزوم وهناك ثلاث أنواع مختلفة للـ trisomy نسبة للارتباط برقم الكروموزوم منها trisomy ٢١ وأعراض هذا التشوه: وجه مسطح عريض، أجفان مائلة، شفة سفلية سميكة، زيادة عرض اليد، تأخر عقلي، و ١٨ trisomy وأعراضه: تأخر عقلي، انخفاض موقع الأذنين والتصاق الأصابع وتشوهات كلوية، و١٣ trisomy وأعراضه: انشقاق الحنك، تأخر عقلي، تعدد الأصابع شكل (١١ : ٢، ١١ : ٣). كما أن هناك الكثير من أمراض الدم تنتقل وراثيا مثل الثلاسيميا شكل (١١ : ٤) وأنيميا الدم المنجلية شكل (١١ : ٥). وقد كان لفحوصات ما قبل الزواج التي أصبحت تجرى في المملكة العربية السعودية دورا كبيرا في تقليل إنجاب الأطفال المصابين بهذين المرضين الوراثيين.



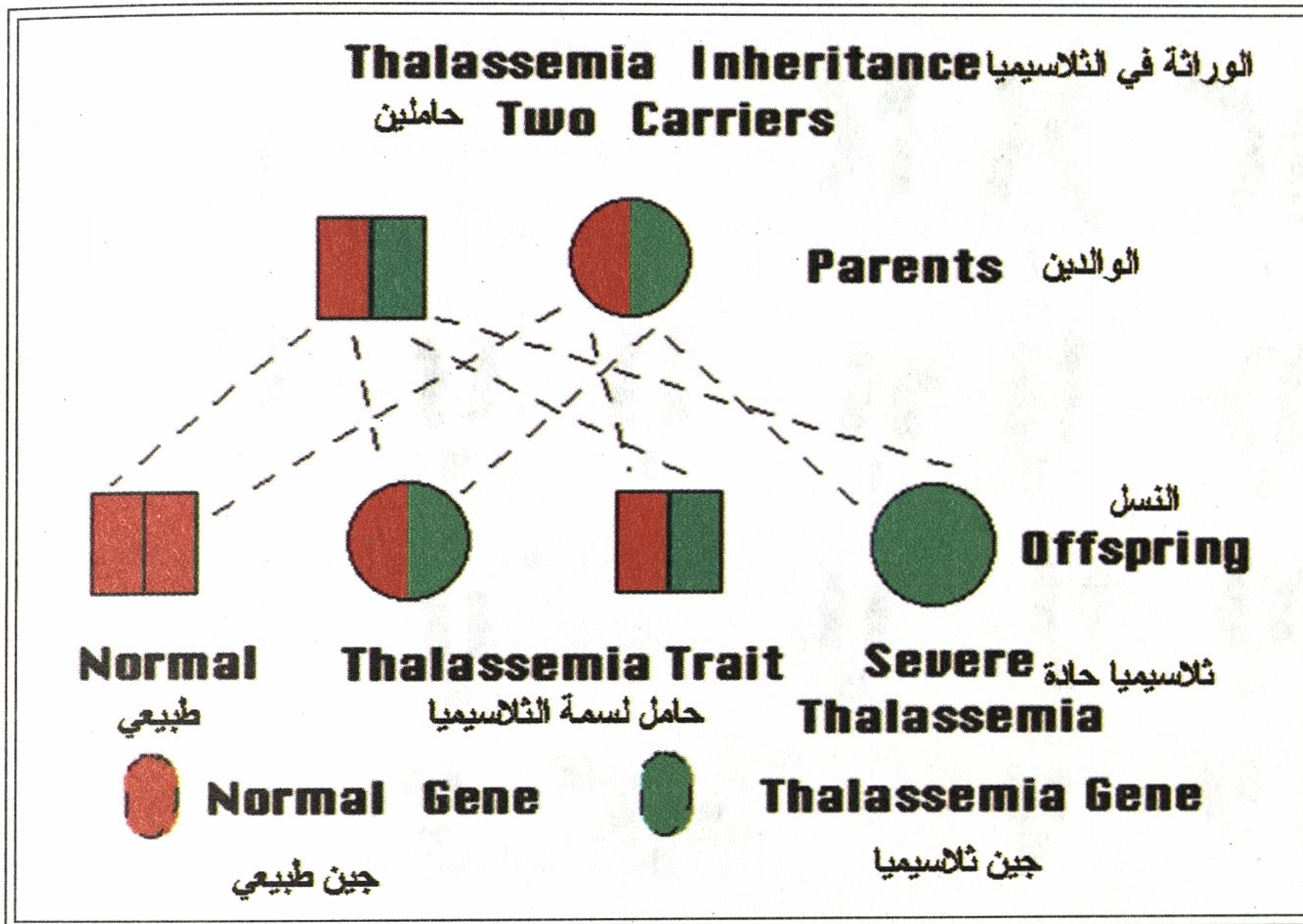
شكل (١١ : ٢) يبين وضع الكروموزومات في الشخص المصاب بالتريزومي ٢١ Trisomy

المصدر: www.commons.wikimedia.org



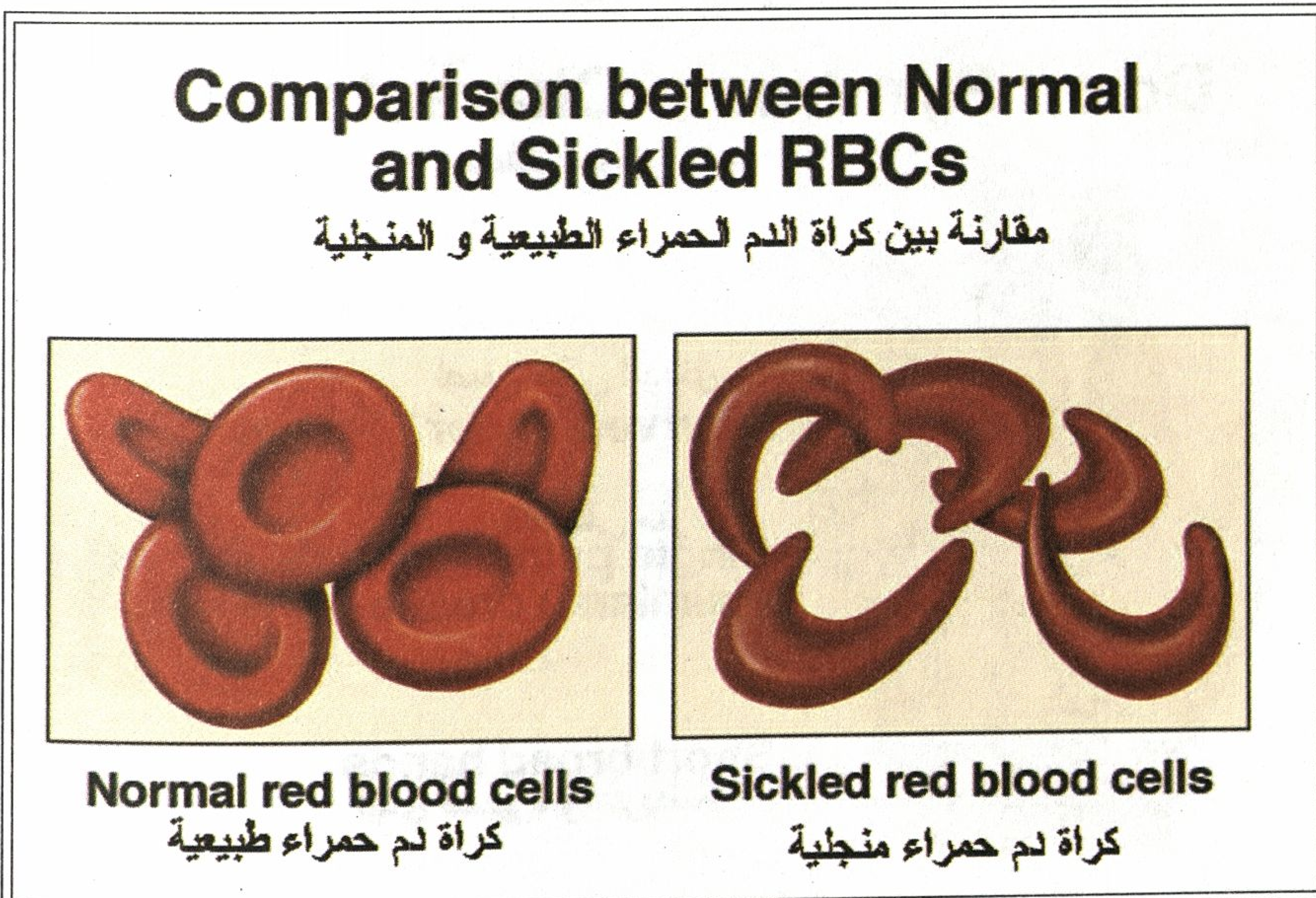
شكل (١١ : ٣) يبين الصفات الظاهرية المميزة لمرضى التريزومي

المصدر: www.biocourse.com



شكل (١١ : ٤) يبين كيفية انتقال مرض الثلاسيميا وراثيا

المصدر: www.itmonline.org



شكل (١١ :٥) يبين الفرق بين كرات الدم الحمراء الطبيعية وكراة الدم الحمراء المنجلية

المصدر: www.biocourse.com

العوامل الخارجية البيئية
Environmental Factors

١. الإشعاع Radiation

إن طائفة من الطيور ممثلة في أجنة الدجاج من أكثر الحيوانات تعرضاً للدراسات التجريبية للأشعة وقد أظهرت هذه الدراسات أن معاملة البيض المخصب بأشعة أكس X-ray مثلاً يحدث تغيرات كبيرة في شكل الأجنة وأنه كلما زادت نسبة الجرعة زادت نسبة الوفيات وتتمثل المرحلة الحاسة لتأثير الأشعة على أجنة الدجاج في اليوم الثامن والتاسع واليوم السادس عشر من تحضين البيض وتنحصر التأثيرات في تقزم الأجنة وتشوهات في المنقار والأطراف والجهاز العصبي الهيكلي.

أما الثدييات فقد كانت هناك دراسة على نسل اليابانيات الحوامل بعد انفجار القنبلتين الذريتين وتبين أن نسبة ٢٥٪ من الأطفال كانوا يعانون من تشوهات خلقية في الجهاز العصبي، وعند تعريض أجنة الفئران والجرذان إلى جرعة ٣٠٠ رنتجون خلال اليوم الرابع عشر من الحمل فإنها تحدث تشوهات خلقية في المخ والقدم واختزال الأصابع، بالإضافة إلى أن تعرض الأجنة للأشعة يثبط نموها وتعتبر الثلاثة الأشهر الأولى من الحمل في الإنسان هي الفترة الحرجة في التأثير شكل (١١ : ١).

إن تأثير الأشعة على الأجنة سواء في الطيور أو الثدييات يكون على انقسام الخلايا حيث يبطئ عملية الانقسام ويحدث أنماطاً شاذة من الكروموزومات حيث يصل التأثير إلى الـ DNA وهو مبعث التوجيه في النواة لذلك فإن إصابته بواسطة الأشعة يمثل ضررا مخلا على جيناته ويتسبب في تغير مواقع هذه الجينات والإخلال في تركيبها وقد يكون التأثير على تركيب الأغشية للخلايا المعرضة للأشعة، ويرتبط تأثير الأشعة كذلك على ما تحدثه على المناسل من ضرر حيث ينتج عنها طفرات جديدة حاملة لبعض التشوهات الخلقية، أو قد تتسبب في إحداث العقم الجزئي أو الكلي ويعتمد تأثير الأشعة على قوة الإشباع (الجرعة) ومدة التعريض والعمر عند التعريض للأشعة وقد تتعرض بعض براعم معينة من الأجنة دون غيرها بحيث تحمي بقية المناطق من الإشعاع وعندها يعتبر التأثير بإشعاع مركز.

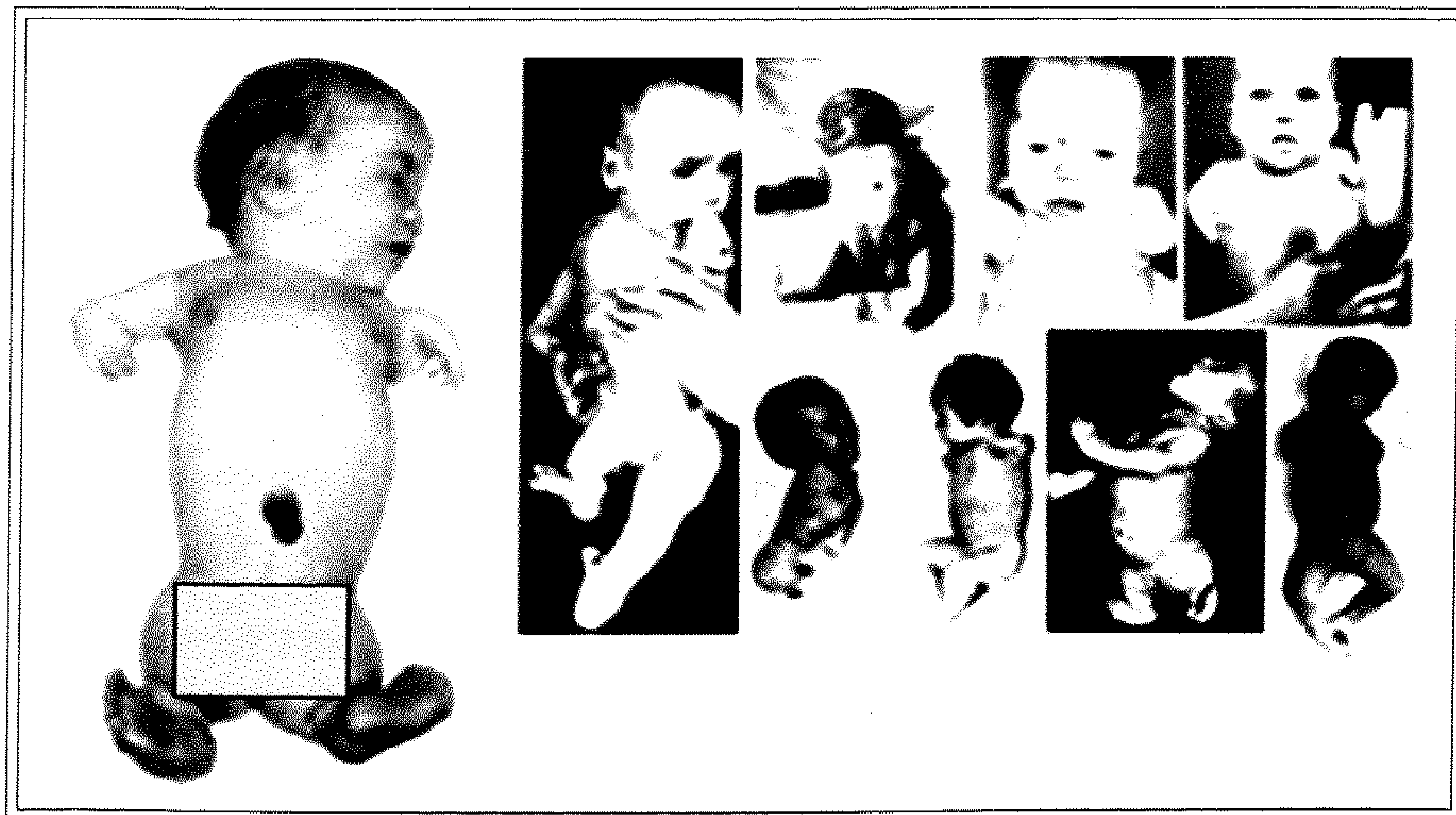
٢. الفيروسات Viruses

لوحظ أن بعض الفيروسات التي تصيب الأم أثناء الحمل لها تأثير مشابه لبعض المركبات الكيميائية فمثلاً فيروس Rubella الذي يسبب الحصبة الألمانية يؤدي إلى تشوهات في أعضاء الحس وخاصة العين مما يؤدي إلى ضعف الإبصار أو العمى الكامل حسب مرحلة التكوين، وكذلك فإن الفيروس المسبب للحمة مضخمة الخلايا cytomegalovirus إذا أصيبت به الأم ينتقل تأثيره إلى الجنين بأن يسبب ضخامة طحالية كبدية وصغر الرأس وتخلفاً عقلياً.

٣. الأدوية Drugs

لقد عرفت مجموعة من الأدوية والعقاقير الضارة على الأجنة والتي يؤدي استخدامها في المراحل المبكرة من الحمل إلى إصابة الجنين ببعض التشوهات الخلقية ويعتمد ذلك على الجرعة التي تناولتها الأم ومن أهم هذه الأدوية ما يلي:

أ. **الثاليدوميد Thalidomide**: لقد كان لهذا الدواء تأثير واضح على أجنة الإنسان (شكل ١١ : ٦) حيث أستخدم لفترة كمهدىء لبعض الآلام وولد بعض الأطفال في بريطانيا ذوي أطراف قصيرة ولم يعرف في البداية سبب ذلك ثم توصل العلماء



شكل (١١ : ٦) يوضح تأثير الثاليدوميد على الأجنة
المصدر: Schurdein, (1982) and Moore, (1993)

بعد ذلك إلى أن السبب هو تعاطي دواء الثاليدوميد فحوكمت الشركة المصدرة لهذا الدواء وبالمقابل أوضحت الكثير من الدراسات التجريبية تأثير هذا الدواء على أجنة الفئران والأرانب والخنازير والدجاج وكان من أهم هذه التشوهات الخلقية: ضمور الجسم، قصور الأطراف وصغرها وظهور شق في الجمجمة وقصور في تكوين العمود الفقري وبعض التشوهات في الأذن والقلب وجفني العين.

ب. **الأمينوبترين Aminopterin**: كان هذا الدواء يستخدم كعلاج للإجهاض لكن في الحالات التي لم يحصل معها الإجهاض فإنه يتسبب في إحداث تشوهات خلقية في الجهاز العصبي والهيكلي وانشقاق الحنك.

ج. **الكورتيزون Cortisone**: بعض الأبحاث التجريبية تثبت أن هذا الدواء يسبب انشقاق في الشفة في حيوانات التجارب مثل الفئران والأرانب إلا أنه على المستوى البشري يختلف إلى الآن بأنه قد يحدث تشوهات خلقية أو لا يحدث.

د. **الأنسولين Insulin**: لقد وجد أنه يحدث تشوهات خلقية في تكوين الجهاز الهيكلي على مستوى أجنة التجارب فقط.

هـ. **أدوية الثيرويد Thyroid drugs**: معظم الأدوية التي تستخدم في علاج الغدة الدرقية تسبب اضطراباً في نمو العظام والجهاز الهيكلي وذلك عن طريق أيض الخلايا والأنسجة.

٤. المواد الكيميائية Chemical Substances

إن أي مركب كيميائي إذا أستخدم بجرعات محددة يمكن أن يعتبر كمادة غذائية أساسية تفيد الجسم أو كدواء يدخل في علاج بعض الأمراض إضافة إلى ذلك قد تحدث هذه المواد شذوذاً في التكوين الجنيني وسنذكر هنا بعضا من تأثيرات هذه المواد:

أ. **مشتقات الكينون Quinone**: تعمل على تثبيط عملية التفلج وكذلك تؤثر على الجهاز العصبي.

ب. **أملاح الثاليوم Thallium salts**: ومنها خلات الثاليوم T.acetate، نترات الثاليوم T.nitrate، كبريتات الثاليوم T. sulphate وينحصر تأثيرها في قصر الفك وتأخر في نمو الأجنة وشذوذ في الأطراف مع قصرها وضمور أو غياب المنقار في أجنة الدجاج.

ج. **الكولشسين Colchicin**: تؤثر على الخلايا التناسلية حيث تسبب إما تلفاً جزئياً أو كلياً.

د. **النيكوتين والكحول Nicotin & Alcohol**: لقد اتضح من خلال نتائج إحصائية لنساء حوامل كن يتعاطين الكحولات والتدخين أثناء حملهن أن الأطفال كانوا يعانون من نقص النمو وتشوهات خلقية في القلب.

هـ. **أملاح الكلوريدات Chloride salts**: مثل كلوريد الماغنسيوم الذي تسبب في إحداث نسبة من حالات التوائم في أجنة الدجاج عند حقنها في بداية التحضين، وكلوريد الرصاص يحدث تشوه في الجهاز العصبي كما أن كلوريد الكوبلت يتسبب في تشوه الكبد في أجنة الدجاج.

٥. المضادات الحيوية Antibiotics

مثل التترسيكلين Tetracycline فقد أعطيت جرعات منه لفئران حوامل بنفس الكمية التي تعطى كعلاج للإنسان فتسببت في تكوين أجنة ذات انشقاق في سقف الحلق وضمور في الفك واتحاد الأصابع وكذلك فإن معظم المضادات الحيوية يكون لها تأثير سلبي على الأجنة وذلك مثل D-action-mycin, D-cycloserline

٦. الهرمونات Hormones

بدأ العلماء في دراسة تأثير الهرمونات الجنسية الصناعية الكيميائية في صورة متبلورة على التكوين الجنيني وتحول الجنس في كثير من أجنة الفقاريات فعند إعطاء الحامل هرمونات مثل البروجسترون (يستخدم لمنع إسقاط الجنين) يؤدي إلى تضخم الأعضاء التناسلية الجنينية بحيث يمكن أن يحول الأنثى عضويا إلى تركيب يشبه ما هو موجود في الذكر، وقد يؤدي استخدام بعض الهرمونات مثل التستروسترون Testosterone الذكري إلى تحول كامل لإناث الضفادع إلى ذكر خاصة في جنس Rana، أو قد يؤدي إلى تأخر التمايز الجنسي كما في جنس Bufo، وعند حقن أجنة الطيور داخل البيض في فترة حضانتها يؤدي ذلك إلى تحول جزئي أو كلي للمناسل ويتوقف ذلك على الجرعات المستخدمة وعلى مرحلة التكوين أثناء الحقن.

٧. الأمراض Diseases

ومن أشهرها المرض الجنسي المعروف بالزهري syphilis حيث ينتقل ميكروب الزهري الموجود في الأم الحامل المصابة إلى جنينها عبر المشيمة فتصيب الجنين إصابات بالغة في مناطق كثيرة في جسمه منها الصمم الولادي والتأخر العقلي وتليف الكبد والرئة وكذلك فإن مرض الهربس البسيط Herpes simplex يتسبب في إحداث تشوهات خلقية للجنين مثل صغر العنين والتخلف العقلي.

استخدام تقنية زراعة الأنسجة في دراسة التشوهات:

يمكن الحصول على أعضاء وأجزاء نسيجية من بعض الأجنة وزراعتها في مزارع نسيجية ودراسة تأثير العوامل المختلفة على نموها وتكوينها فمثلاً يمكن دراسة تأثير تركيز الأكسجين على نمو هذه الأعضاء وكذلك دراسة تأثير الأدوية والمواد الغذائية فمثلاً عند زراعة أصابع بشرية explant of human fingers في مزارع نسيجية وإضافة فيتامين أ لمدة ٦ أيام فإن ذلك أثّر على شكلها بحيث أصبحت صغيرة ونحيفة بينما عند معاملة نفس الأصابع بفيتامين أ مع البروتين apoprotein يكون نموها طبيعياً.

12

الباب الثاني عشر

وقفات إيمانية في علم الأجنة

MEDITATIONS IN EMBRYOLOGY

- مقدمة
- النطفة وحقيقة التكوين
- مراحل خلق الإنسان
- تحديد الجنس
- انتقال الخصائص والصفات
- الأمراض الجنسية والتشوهات الخلقية

وبعد فهذا الباب الثاني عشر يشمل صفحة من صفحات الإعجاز العلمي الذي أودعه الله في هذا القرآن الكريم وقد كنا ونحن نقرأ كتب الأجنة نلمس خيطاً رفيعاً يصل ما بين ما نجده في القرآن والسنة وبين ما هو موجود في هذا الكتاب ولقد وجدنا أن كل شيء يسبح لله بداية من اللاقحة ومروراً بنشوء الأعضاء وتأسيس الجنين ونهاية بتكوين الجنين ونموه. فاللاقحة ينبثق منها التخصص تخصص العطاء والوظيفة تخصص الاستجابة لنداء الخالق في القدرة والتقدير لتتوالى بعد ذلك الانقسامات وتتولى التفلجات وتتكون الأنسجة والأعضاء ما كان منها ظاهراً يسبح الله وما كان منها باطناً يوحد الله، ثم يخرج الجنين البشري إلى الحياة حاملاً معه الفطرة التي فطر الله الناس عليها، فطرة التوحيد فطرة الكلمة الخالدة (لا إله إلا الله) ومن هنا تتمثل للمتخصصين في علوم الحياة قوة العلي العظيم في تسيير أمور هذا الكون بداية من الترابط الذري لتكوين الجزيئات التي تعطي شكل الخلية ثم تتجمع الخلايا لتشكل النسيج ومنها تنشأ الأعضاء ليخلق الله من ذلك جنيناً وبشراً سوياً، كل ذلك تقوده روعة الخالق وبديع صنعه.

﴿وَلَقَدْ خَلَقْنَا الإنسَانَ من سُلالَة مِّن طِين . ثُمَّ جَعَلْنَاهُ نُطْفَةً فِي قَرَار مَّكِين . ثُمَّ خَلَقْنَا النُّطْفَةَ عَلَقَةً فَخَلَقْنَا العَلَقَةَ مُضْغَةً فَخَلَقْنَا المُضْغَةَ عِظَامًا فَكَسَوْنَا العِظَامَ لَحْمًا ثُمَّ أَنشَأْنَاهُ خَلْقًا آخَرَ فَتَبَارَكَ اللَّهُ أَحْسَنُ الخَالِقِينَ﴾ (المؤمنون: ١٢ ـ ١٤)

فعجباً أن نرى هذه المخلوقات الكثيرة...

﴿وَمَا من دَابَّةٍ فِي الأَرْضِ وَلا طَائِرٍ يَطِيرُ بِجَنَاحَيْهِ إلاَّ أُمَمٌ أَمْثَالُكُم مَّا فَرَّطْنَا فِي الكِتَابِ مِن شَيْءٍ﴾ (الأنعام: ٣٨)

ومن هذه المخلوقات الإنسان الذي حمله الله الرسالة وأودع في جوفه إيمان الوحي ويقينه وقد دعم هذه الرسالة وذلك الإيمان بأوتاد العلم تزينه وتلطفه وتثبته وترسخه حيث إن كل منها ينهل من نبع واحد وهو نبع الوحي وعلم الله.

من هنا جاء الربط وجاءت الوقفات الإيمانية في هذا الكتاب فلم نرد أن يكون كتاباً فيه جفاء الملحدين في التنكر للخالق البارئ المصور إنما هي الصورة التي يتضح فيها عناق الإيمان للعلم الحقيقي الموثوق وقد ذكر تفصيل لذلك في كتاب الدكتور الفاضل محمد على البار (خلق الإنسان بين الطب والقرآن) وكذلك ما أضافه الشيخ الفاضل عبد المجيد الزنداني لكتاب علم الأجنة الإنساني The developing human لمؤلفه العالم الكندي كيث مور فجاء ربطهما للآيات مع حقائق علم الأجنة على نسق جميل وواضح الإعجاز وسوف نقف هنا بعض الوقفات الإيمانية نستلهم منها التوجيه الرباني ونتعرف من خلالها إلى أي مدى تكون قوة هذا الدين وأنه ما تحدث عن قضية إلا أفصح عنها بإعجاز وبيان ماله مثيل.

١ . النطفة وحقيقة التكوين:

يقول الله تعالى: ﴿قُتِلَ الإنسَانُ مَا أَكْفَرَهُ . مِنْ أَيِّ شَيْءٍ خَلَقَهُ . مِن نُّطْفَةٍ خَلَقَهُ فَقَدَّرَهُ﴾ (عبس: ١٧ ـ ١٩). وقال تعالى: ﴿أَلَمْ يَكُ نُطْفَةً مِّن مَّنِيٍّ يُمْنَى﴾ (القيامة: ٣٧)

وقال تعالى: ﴿إِنَّا خَلَقْنَا الإنسَانَ مِن نُّطْفَةٍ أَمْشَاجٍ نَّبْتَلِيهِ فَجَعَلْنَاهُ سَمِيعًا بَصِيرًا﴾ (الإنسان: ٢)، وكما هو مقرر في علم الأجنة فإن النطفة تكون على ثلاث معان:

أ. النطفة المذكرة وهي الحيوانات المنوية الموجودة في المني شكل (٩ : ٦).

ب. النطفة المؤنثة وهي البويضة التي يفرزها المبيض مرة في الشهر شكل (٩ : ٦).

ج. النطفة الأمشاج وهي النطفة المختلطة من الحيوان المنوي والبويضة عندما يتم التلقيح شكل (٩ : ٦).

وقد ذكرت الآية الأولى والثانية نطفة الرجل والآية الثالثة النطفة الأمشاج أما نطفة المرأة فقد وردت في حديث رسول الله ﷺ وذلك أن يهودياً مر برسول الله ـ صلى الله عليه وسلم ـ وهو يحدث أصحابه فقالت قريش: يا يهودي إن هذا يزعم أنه نبي فقال لأسألنه عن شيء لا يعلمه إلا نبي فقال يا محمد: مم يخلق الإنسان فقال رسول الله ﷺ: (يا يهودي من كل يخلق: من نطفة من الرجل ومن نطفة من المرأة).

وكانت هناك نظريات تتخبط يميناً وشمالاً في تصوير خلق الإنسان ومما يخلق؟ وكيف يتكون؟ إلى أن اهتدى العلماء لمعرفة الحيوانات المنوية والبويضات وأن الإنسان يتكون منهما معا وذلك باندماج نواتيهما لتتكون النطفة الأمشاج ولم يعرف ذلك إلا في أواخر القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين (الباب الأول) وهذا إعجاز من الله سبحانه وتعالى الذي خلق فسوى والذي قدر فهدى والذي يعلم السر وأخفى.

٢. مراحل خلق الإنسان

وصف القرآن الكريم أطوار الجنين وصفا دقيقا من خلال إطلاق مسمى على كل طور له بداية ونهاية محددة، حيث يصف المظهر الخارجي للجنين، ويعكس عمليات التخلق الداخلية له في فترات زمنية متعاقبة.

قال الله تعالى: ﴿وَلَقَدْ خَلَقْنَا الإنسَانَ من سُلالَة من طين . ثُمَّ جَعَلْنَاهُ نُطْفَةً في قَرَار مَّكين . ثُمَّ خَلَقْنَا النطفَةَ عَلَقَةً فَخَلَقْنَا الْعَلَقَةَ مُضْغَةً فَخَلَقْنَا الْمُضْغَةَ عظَامًا فَكَسَوْنَا الْعظَامَ لَحْمًا ثُمَّ أَنشَأْنَاهُ خَلْقًا ءَاخَرَ فَتَبَارَكَ اللَّهُ أَحْسَنُ الْخَالقينَ﴾ (سورة المؤمنون ١٢ - ١٤)

وسأذكر ملخصا للدلالات اللغوية وأقوال بعض المفسرين في كل طور ومطابقة ذلك للحقائق المستقرة في علم الأجنة الحديث، كما ورد في كتاب الأجنة الذي صدر عن الهيئة العالمية للإعجاز العلمي في القرآن والسنة وحققه أستاذ علم الأجنة الدكتور مصطفى عبدالمنعم.

أ) طور النطفة

تطلق النطفة على الماء القليل ولو قطرة وفي الحديث (وقد اغتسل ينطف رأسه ماء) رواه مسلم. وقد أطلقها الشارع على مني الرجل ومني المرأة وفي الحديث: (من كل يخلق من نطفة الرجل ونطفة المرأة) رواه مسلم. قال الألوسي: والحق أن النطفة كما يعبر بها عن مني الرجل يعبر بها عن المني مطلقا.

وقال ابن كثير: ثم صيرنا النطفة وهي الماء الدافق الذي يخرج من صلب الرجل وترائب المرأة. كما أطلقها الشارع أيضا على امتزاج نطفتي الرجل والمرأة وسماها النطفة الأمشاج في قوله الله تعالى: ﴿إنَّا خَلَقْنَا الإنسَانَ من نُّطْفَة أَمْشَاج نَّبْتَليه﴾ (الإنسان: ٢). وقد عرف المفسرون النطفة الأمشاج بأنها: النطفة المختلطة التي اختلط وامتزج

فيها ماء الرجل بماء المرأة. وهذه هي البييضة الملقحة بتطوراتها العديدة والتي لا تزال تأخذ شكل قطرة الماء ولها خاصية الحركة الانسيابية كقطرات الماء تماما. وينتهي هذا الطور بتعلق الكيسة الأريمية ببطانة الرحم في نهاية الأسبوع الأول من التلقيح؛ وهي الصورة الأخيرة للنطفة الأمشاج والتي مازالت تحافظ على شكل قطرة الماء بالرغم من تضاعف خلاياها أضعافا مضاعفة. وحينما يفقد هذا الطور حركته الانسيابية ويتعلق ببطانة الرحم يتحول إلى طور جديد هو طور العلقة.

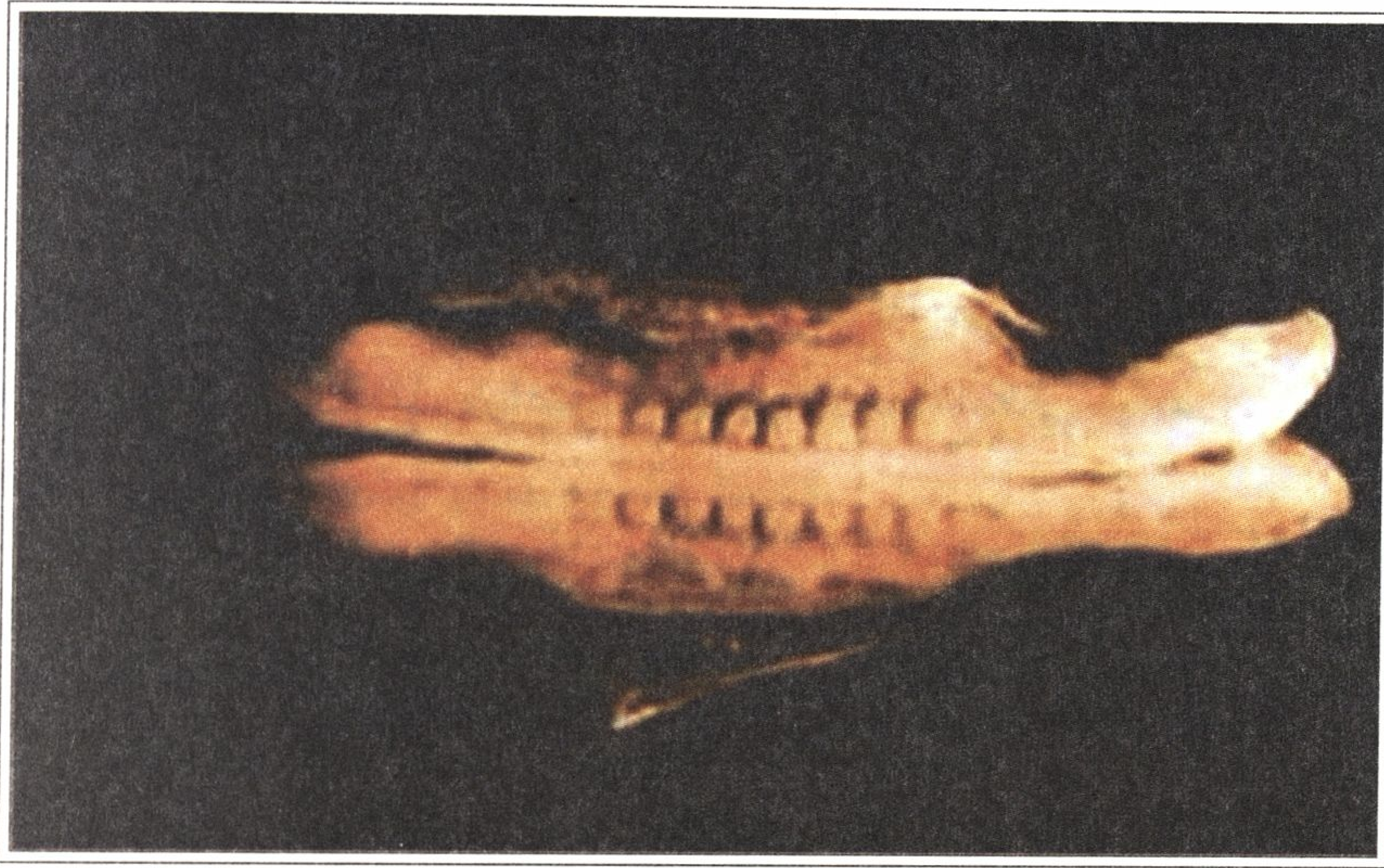
ب) طور العلقة

لهذا الطور عدة أشكال من بدئه وحتى نهايته. وكلمة علقة كما يقول المفسرون: مشتقة من علق وهو الالتصاق والتعلق بشيء ما. وهذا يتوافق مع تعلق الجنين ببطانة الرحم خلال الأسبوع الثاني شكل. كما يطلق العلق على الدم عامة وعلى شديد الحمرة وعلى الدم الجامد. وهذا يتوافق مع شكل الجنين في هذا الطور حينما تتكون لديه الأوعية الدموية المقفلة والممتلئة بالدماء خلال الأسبوع الثالث حيث يظهر نطفة دم حمراء جامدة.

والعلقة : دودة في الماء تمتص الدم، وتعيش في البرك، وتتغذى على دماء الحيوانات التي تلتصق بها، والجمع علق. وقد وصف ابن كثير هذا الطور فقال: أي صيرنا النطفة علقة حمراء على شكل العلقة مستطيلة. فالجنين في نهاية هذا الطور كما يقول المفسرون: يكون على شكل علقة مستطيلة لونها شديد الحمرة لما فيها من دم متجمد. وهذا يتوافق مع الشكل الأخير لهذا الطور حيث يأخذ الجنين شكل الدودة التي تمتص الدماء وتعيش في الماء ويشترك الجنين معها في قوة تعلقه بعائله والحصول على غذائه من امتصاص دمائه. شكل (٩ : ٨)، والمدة الزمنية لهذا الطور هي من بداية الأسبوع الثاني وحتى نهاية الأسبوع الثالث من التلقيح.

ج) طور المضغة

وفي بداية الأسبوع الرابع وبالتحديد في اليوم الثاني والعشرين يبدأ القلب في النبض وينتقل الجنين إلى طور جديد هو طور المضغة. وقد وصف المفسرون هذا الطور وصفا دقيقا: فقال ابن كثير: مضغة: قطعة كالبضعة من اللحم لا شكل فيها ولا تخطيط، قدر ما يمضغ الماضغ تتكون من العلقة. وقال الألوسي: قطعة لحم بقدر ما يمضغ لا استبانة ولا تمايز فيها. وهذا ما يتوافق مع الجنين في أول هذا الطور حيث يتراوح حجمه من



شكل (١٢ ١٠) يبين شكل المضغة

حبة القمح إلى حجم حبة الفول (٥مم) وهو القدر الذي يمكن مضغه، ويبدو سطحه من الخارج وقد ظهرت عليه النتوءات أو الكتل البدنية حيث تجعله كشيء لاكته الأسنان تماما، لكن لا شكل فيه ولا تخطيط يدل على أنه جنين إنساني ولا تمايز للملامح الإنسانية ولا استبانة فيه لأي عضو من أعضاء الجسم الإنساني. شكل(١٢ : ١) وبما أن الجنين يتحول ويتغير من يوم إلى يوم بل من ساعة إلى أخرى فالجنين في النصف الثاني من هذا الطور تقريبا تظهر عليه براعم اليدين والرجلين والرأس والصدر والبطن كما تتكون معظم براعم أعضائه الداخلية، ومع احتفاظه بالشكل الخارجي المشابه لمادة ممضوغة يصدق عليه أنه مخلق وغير مخلق شكل(١٢ : ٢).

وها هو الوصف القرآني يقرر هذه الحقيقة قال تعالى: ﴿ثُمَّ مِن مُّضْغَةٍ مُّخَلَّقَةٍ وَغَيْرِ مُخَلَّقَةٍ﴾ (الحج: ٥). قال ابن كثير: مضغة قطعة كالبضعة من اللحم لا شكل فيها ولا تخطيط، ثم يشرع في التشكيل والتخطيط فيصور منها رأس ويدان وصدر وبطن وفخذان ورجلان وسائر الأعضاء، ولهذا قال تعالى: ﴿ثُمَّ مِن مُّضْغَةٍ مُّخَلَّقَةٍ وَغَيْرِ مُخَلَّقَةٍ﴾ أي كما تشاهدونها. وقال الألوسي: والمراد تفصيل حال المضغة وكونها أولا قطعة لم يظهر فيها شيء من الأعضاء ثم ظهرت بعد ذلك شيئا فشيئا. لذلك فالوصفان ﴿مُخَلَّقَةٍ وَغَيْرِ مُخَلَّقَةٍ﴾ لابد أن يكونا لازمين للمضغة.قال ابن عاشور: قوله تعالى: ﴿مُّخَلَّقَةٍ

وَغَيْرِ مُخَلَّقَةٍ﴾ صفة ﴿مُّضْغَةٍ﴾ وأن هذا تطور من تطورات المضغة، وإذ قد جعلت المضغة من مبادئ الخلق تعني أن كلا الوصفين لازم للمضغة. ويؤكد ذلك الرازي بقوله: يجب أن تحمل ﴿مُّخَلَّقَةٍ وَغَيْرِ مُخَلَّقَةٍ﴾ على من سيصير إنسانا لقوله تعالى في أول الآية ﴿فَإِنَّا خَلَقْنَاكُمْ﴾. وفي هذا النص دلالة على أن التخليق يبدأ في هذا الطور وهو ما أكدته حقائق علم الأجنة في أن التخليق يبدأ من أول الأسبوع الرابع. وينتهي هذا الطور قبيل نهاية الأسبوع السادس شكل (١٢ : ٣) حيث يبدأ الطور التالي في التخليق.



شكل (١٢ : ٢) يبين شكل جنين عمره ٣٥ يوماً

د) طور العظام

وذلك بتشكل الجنين في هذا الطور على هيئة مخصوصة وإزالة صورة المضغة عنه واكتسابه صورة جديدة؛ حيث يتخلق الهيكل العظمي الغضروفي، وتظهر أولى مراكز التعظم في الهيكل الغضروفي في بداية الأسبوع السابع، فيتصلب البدن وتتميز الرأس من الجذع وتظهر الأطراف شكل (١٢ : ٤).

قال ابن كثير في قوله تعالى ﴿فَخَلَقْنَا الْمُضْغَةَ عِظَامًا﴾: يعني شكلناها ذات رأس ويدين ورجلين بعظامها وعصبها وعروقها. وقال الشوكاني: أي جعلها الله سبحانه متصلبة لتكون عمودا للبدن على أشكال مخصوصة. وقال الألوسي: وذلك التصيير بالتصليب بما يراد جعله عظاما من المضغة وهذا تصيير بحسب الوصف؛ وحقيقته إزالة الصورة الأولى عن المادة وإفاضة صورة أخرى عليها. ثم يبدأ الجنين الطور الأخير من التخليق وهو طور كساء العظام باللحم. وفي هذا الطور يزداد تشكل الجنين على هيئة أخص. قال ابن كثير في قوله تعالى: ﴿فَكَسَوْنَا الْعِظَامَ لَحْمًا﴾: أي جعلنا على ذلك ما يستره ويشده ويقويه. وقال الشوكاني: أي أنبت الله سبحانه على كل عظم لحما على المقدار الذي يليق به ويناسبه وكذا قال غيرهم. وهذا يتوافق مع ما ثبت في علم الأجنة من أن العظام تخلق أولا ثم تكسى بالعضلات في نهاية الأسبوع السابع وخلال الأسبوع الثامن من تلقيح البييضة وبهذا تنتهي مرحلة التخليق حيث تكون جميع الأجهزة الخارجية والداخلية قد تشكلت ولكن في صورة مصغرة ودقيقة. وبنهاية الأسبوع الثامن تنتهي مرحلة التخليق والتي يسميها علماء الأجنة بالمرحلة الجنينية. هذا وقد أكد علم الفحص بأجهزة الموجات فوق الصوتية أن جميع التركيبات الخارجية والداخلية الموجودة في الشخص البالغ تتخلق من الأسبوع الرابع وحتى الأسبوع الثامن من عمر الجنين، كما يمكن أن ترى جميع أعضاء الجنين بهذه الأجهزة خلال الأشهر الثلاثة الأولى. شكل (١٢ : ٤).

ثم يبدأ الجنين بعد الأسبوع الثامن مرحلة أخرى مختلفة يسميها علماء الأجنة بالمرحلة الحميلية، ويسميها القرآن الكريم: مرحلة النشأة خلقا آخر. ولذلك يعتبر طور كساء العظام باللحم الحد الفاصل بين المرحلة الجنينية والحميلية.

هـ) مرحلة النشأة خلقا آخر

تبدأ مرحلة النشأة في الأسبوع التاسع حيث ينمو الجنين ببطء إلى الأسبوع الثاني عشر ثم ينمو بعد ذلك بسرعة كبيرة. وتستمر هذه المرحلة حتى نهاية الحمل. شكل (١٢ : ٥)

خصائص مرحلة النشأة

تختص هذه المرحلة بعدة خصائص أهمها: تطور ونمو أعضاء وأجهزة الجنين وذلك بتهيئتها للقيام بوظائفها. كما تختص بنفخ الروح فيها عند جمهور المفسرين. قال ابن كثير: ثم نفخنا فيه الروح فتحرك وصار خلقا آخر ذا سمع وبصر وإدراك وحركة

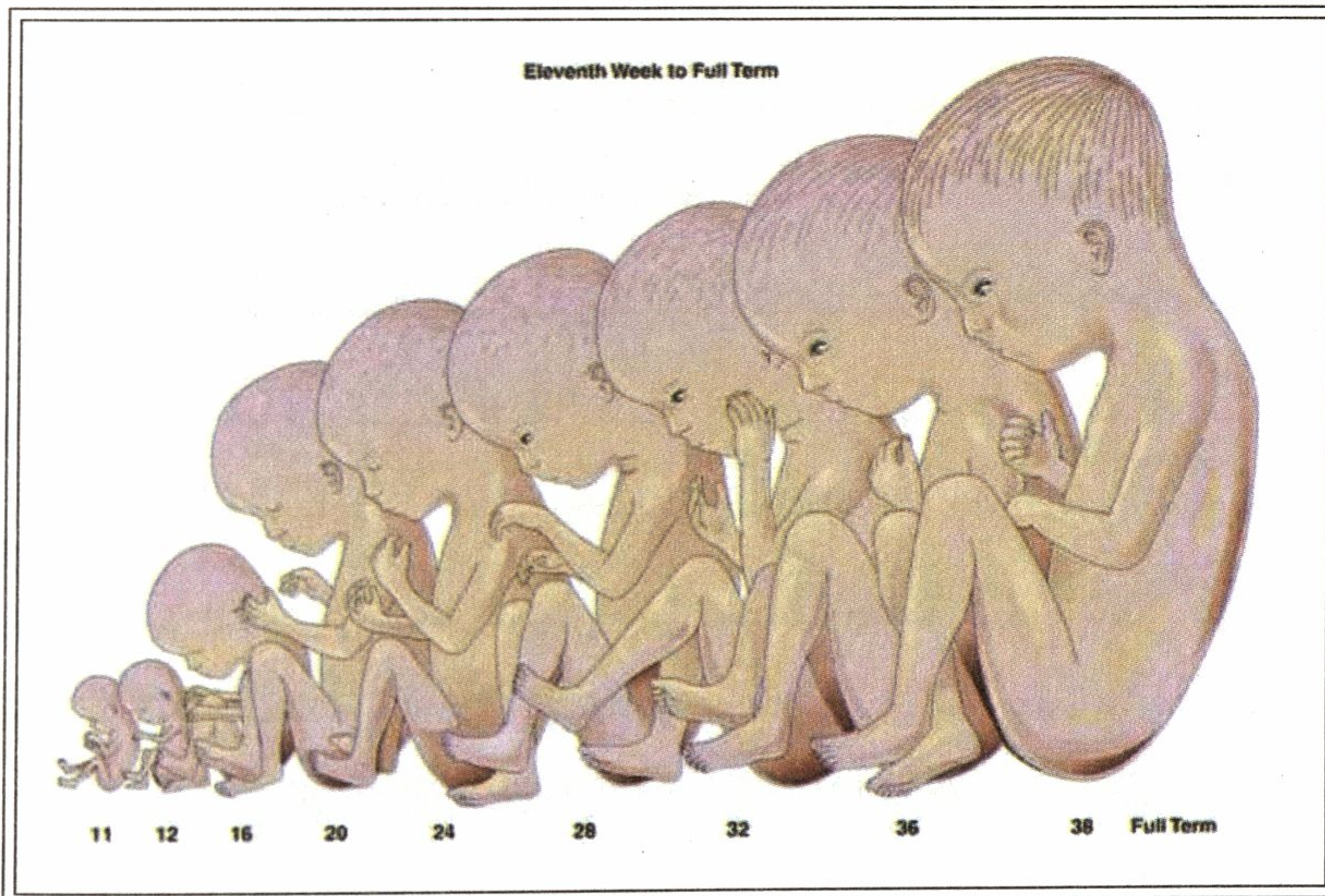


شكل (١٢ : ٣) يبين شكل جنين عمره ٣٨ - ٤٠ يوماً

واضطراب. وقال الألوسي: أي مباينا للخلق الأول مباينة ما أبعدها حيث جعل حيوانا ناطقا سميعا بصيرا. كما تحدث أثناء هذه المرحلة التغيرات في مقاييس الجسم ويكتسب الجنين صورته الشخصية. وهو ما أشارت إليه الآيات: ﴿ الَّذِى خَلَقَكَ فَسَوَّاكَ فَعَدَلَكَ . فِي أَيِّ صُورَةٍ مَّا شَآءَ رَكَّبَكَ ﴾ (الانفطار ٧-٨) وكلمة ﴿سَوَّاكَ﴾ تعني جعل الشيء مستويا ومستقيما ومهيأ لأداء شئ محدد. والتعديل في اللغة تعني التقويم وتعني كلمة ﴿فَعَدَلَكَ﴾ تغير الشكل والهيئة لتكوين شئ محدد. وكلمة صورة تعني هيئة أو شكل وما ذكره القرآن الكريم منذ أربعة عشر قرنا هو ما قررته حقائق علم الأجنة؛ فالتسوية تبدأ عقب عملية الخلق في المرحلة الحميلية أي بعد الأسبوع الثامن، حيث يستقيم الجنين وتتهيأ الأعضاء لأداء وظائفها، ويتخذ الجنين المقاييس الطبيعية (التعديل). كما تتغير مقاييس الجسم وتتخذ ملامح الوجه المقاييس البشرية المألوفة، ويكتسب الجنين الصورة الشخصية له (التصوير) شكل (١٢ : ٦)، إلى أن يكتب له الخروج للحياة طفلاً سوياً شكل (١٢ : ٧).



شكل (١٢ : ٤) يبين شكل جنين خلال الأسابيع الثمانية الأولى

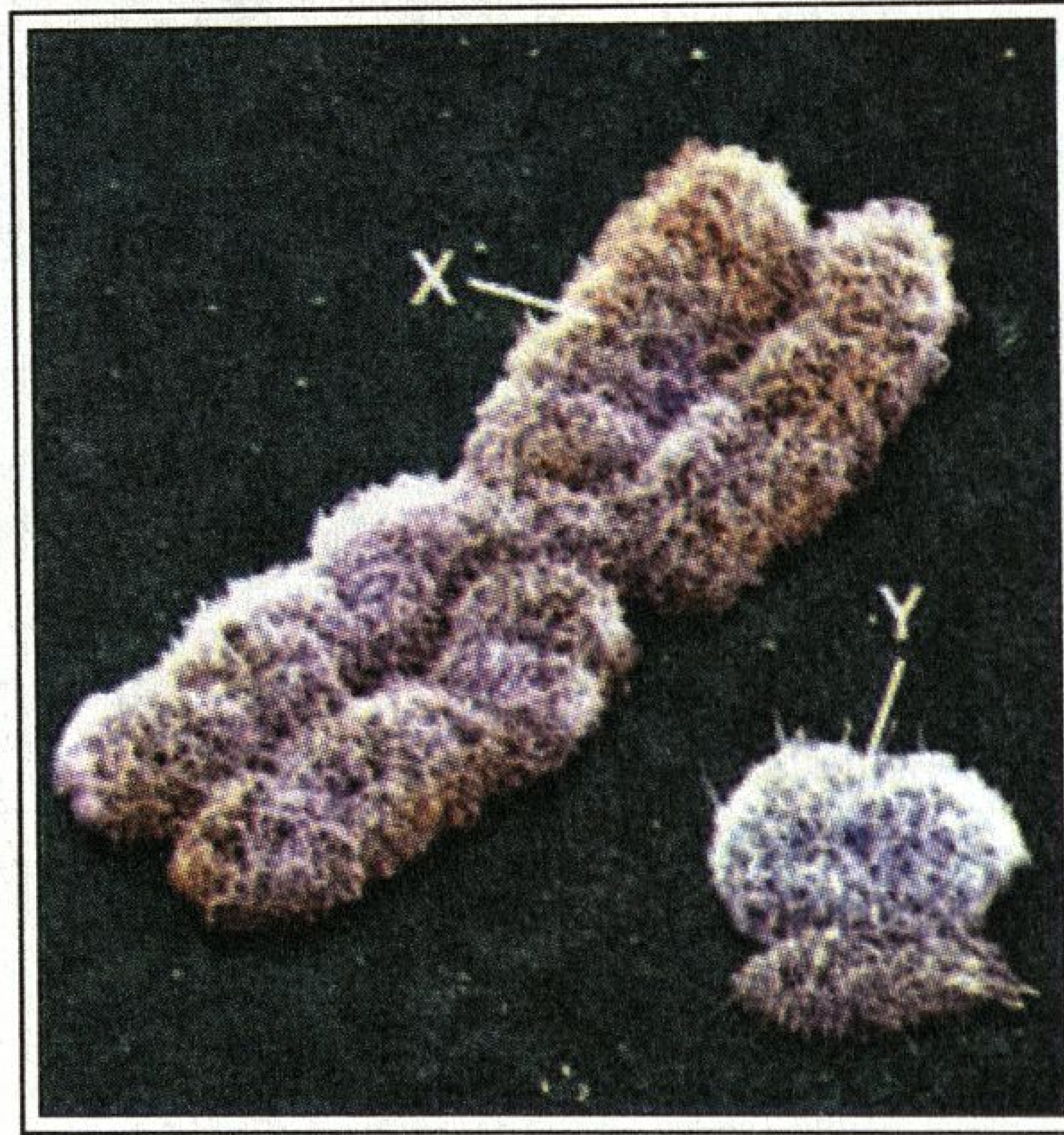


شكل (١٢ : ٥) النمو السريع للجنين في مرحلة النشأة خلقاً آخر من الأسبوع الحادي عشر إلى نهاية الحمل

٣. تحديد الجنس

يقول الله تعالى في سورة القيامة ﴿أَيَحْسَبُ الإِنسَانُ أَن يُتْرَكَ سُدًى . أَلَمْ يَكُ نُطْفَةً مِّن مَّنِيٍّ يُمْنَى . ثُمَّ كَانَ عَلَقَةً فَخَلَقَ فَسَوَّى . فَجَعَلَ مِنْهُ الزَّوْجَيْنِ الذَّكَرَ وَالأُنثَى﴾، وقال في موضع آخر: ﴿وَأَنَّهُ خَلَقَ الزَّوْجَيْنِ الذَّكَرَ وَالأُنثَى . مِن نُّطْفَةٍ إِذَا تُمْنَى﴾ (سورة النجم).

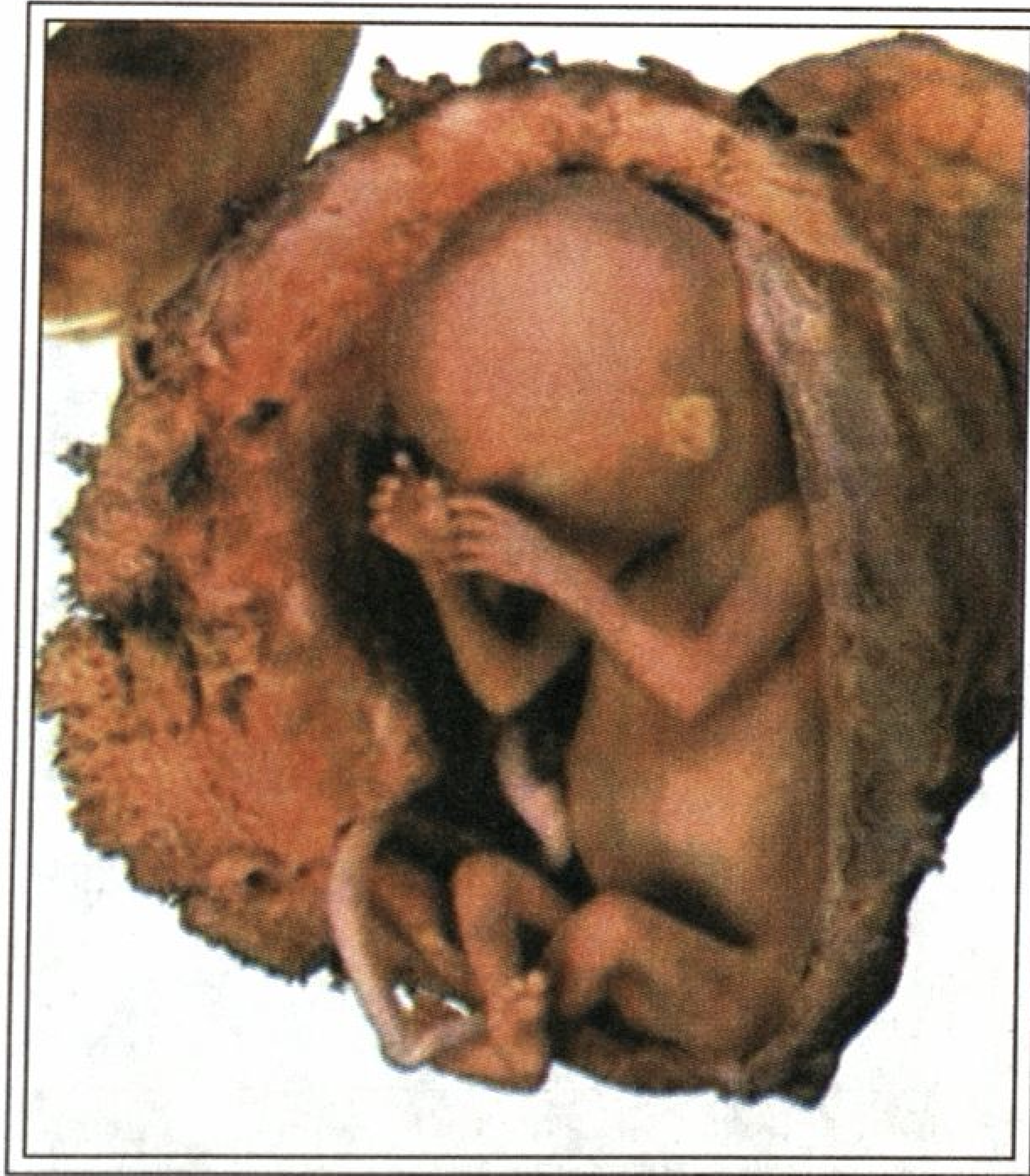
فالآيتان توضحان أن الذي يتحكم في تحديد جنس المولود ذكر أم أنثى هو مني الرجل وهذه عين الحقيقة العلمية حيث إن الكروموزومات الموجودة في الحيوانات المنوية بعد الانقسام الاختزالي تكون على نوعين: نوع يحمل شارة الذكورة (Y) والآخر يحمل شارة الأنوثة (X) بينما المرأة تحمل دائما شارة الأنوثة (X)(X) فعند عملية التلقيح إما أن تلقح البويضة (X) بحيوان منوي حامل لشارة الذكورة (Y) ويكون المولود عندئذ ذكر (XY) أو تلقح البويضة (X) بحيوان منوي حامل لشارة الأنوثة (X) ويكون المولود عندئذ أنثى (XX) فمن الذي أخبر محمد ـ صلى الله عليه وسلم ـ بهذه الحقيقة العلمية والإجابة: إن هو إلا وحي يوحى شكل (١٢ : ٨).



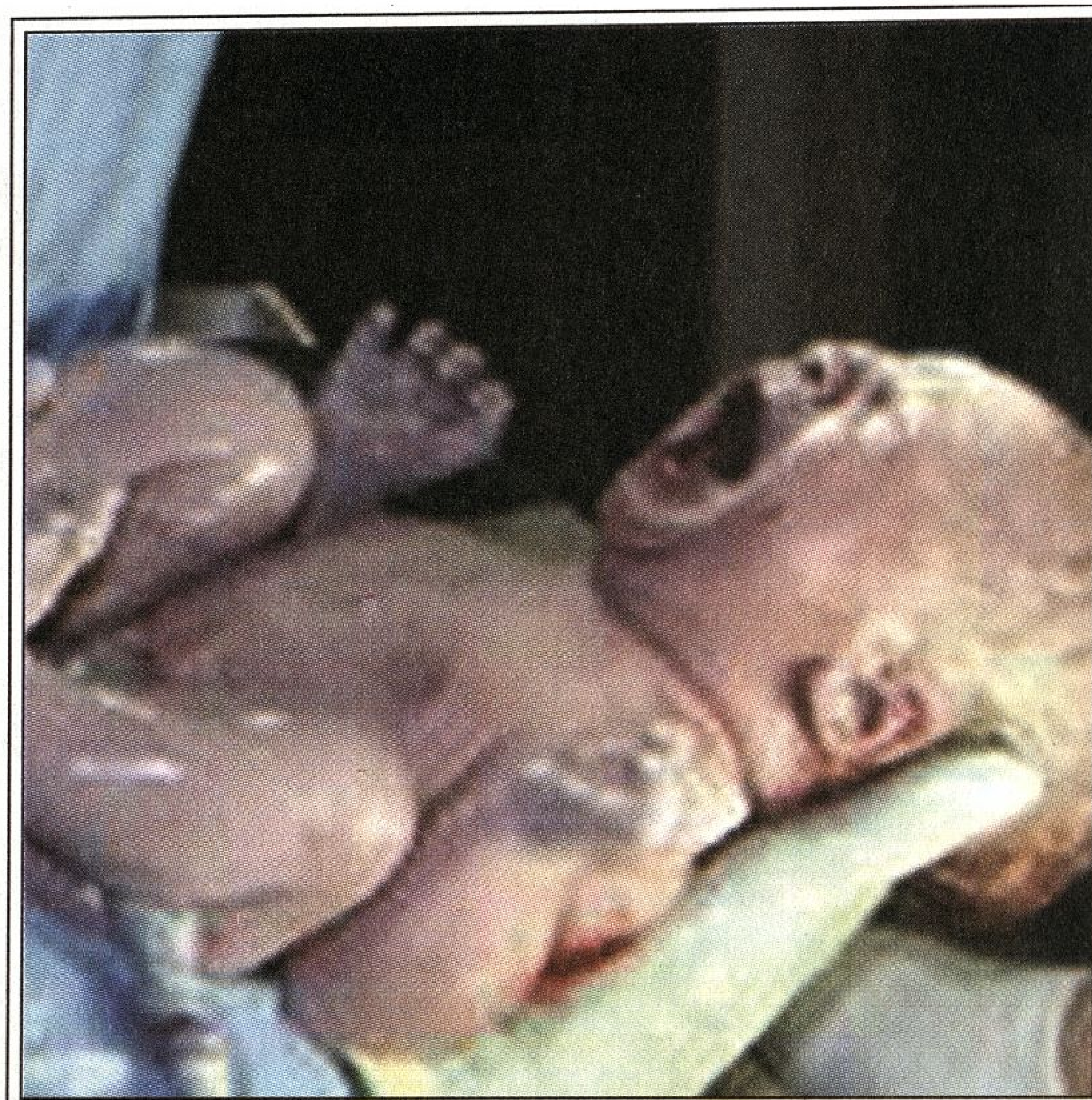
شكل (١٢ : ٨) يبين شكل كل من كروموزوم X وكروموزوم Y
المصدر: www.fig.cox.miami.edu

٤. انتقال الخصائص والصفات

قال الرسول ﷺ: (اللهم متعنا بأسماعنا وأبصارنا وقوتنا ما أحييتنا واجعله الوارث منا) رواه الترمذي والحاكم وقد جاء في صحيح البخاري الحديث التالي: عن أبي هريرة: أن رجلاً أتى النبي ﷺ فقال: يا رسول الله ولد لي غلام أسود؟ فقال هل لك إبل؟ قال نعم: قال: ما ألوانها؟ قال حمر قال: هل فيها من أورق؟ قال: نعم قال: فأنى ذلك؟ قال: نزعة عرق، قال: لعل ابنك هذا نزعة عرق. ولقد عرف في علم الوراثة قانون انتقال الخصائص على حسب ترتيب وراثي معين، ولقد لاحظنا في دراسة التشوهات الخلقية أن أحد الأسباب الرئيسية في إحداث التشوهات الخلقية هو العامل الوراثي ولقد نص الحديث الأول على أن يجعل الله خصائص وأعضاء السمع والبصر والقوة الجسمية الوارث منا ولفظة الوارث أبلغ من أي كلمة أخرى لأن الوارث يمكن أن يكون الابن وابن الابن والبنت وابن البنت.. لذلك فإن الخصائص الوراثية الخاصة بأي صفة من الصفات (مثل التشوهات الخلقية) يمكن أن تنتقل عبر الأجيال إلى الأبناء وأبناء الأبناء.



شكل (١٢ : ٦) يبين جنين عمره ٩ أسابيع



شكل (١٢ : ٧) الجنين وهو يبكي

٥. الأمراض الجنسية

إن كثير من الأمراض الجنسية يمكن أن تنتقل من الأم إلى الجنين عن طريق المشيمة مسببة له بعض التشوهات الخلقية إضافة إلى أنها تتسبب في تسجيل نسبة من الوفيات لذلك فإن الرسول ﷺ يقول: (لم تظهر الفاحشة في قوم قط حتى يعلنوا بها إلا فشا فيهم الطاعون والأوجاع التي لم تكن في أسلافهم الذين مضوا) رواه ابن ماجه، وترتفع نسبة الأمراض الجنسية في المجتمعات الغربية والأمريكية لانتشار الفاحشة والتبرج وقد وجه القرآن الكريم المجتمع المسلم بقوله: ﴿قُل لِّلْمُؤْمِنِينَ يَغُضُّوا مِنْ أَبْصَارِهِمْ وَيَحْفَظُوا فُرُوجَهُمْ ذَلِكَ أَزْكَى لَهُمْ إِنَّ اللَّهَ خَبِيرٌ بِمَا يَصْنَعُونَ . وَقُل لِّلْمُؤْمِنَاتِ يَغْضُضْنَ مِنْ أَبْصَارِهِنَّ وَيَحْفَظْنَ فُرُوجَهُنَّ وَلا يُبْدِينَ زِينَتَهُنَّ إِلاَّ مَا ظَهَرَ﴾ (النور: ٣٠، ٣١)، وقد حفظ الإسلام للمرأة كرامتها وعزتها عندما أمرها بأن تمتنع عن التبرج وأن تحفظ حياءها بأن لا تختلط بالرجال.

المصطلح الموضوعي المترجم

D

E

P

المراجع العربية:

- القرآن الكريم.
- البار، محمد علي. ١٩٨٠م، خلق الإنسان بين الطب والقرآن. الدار السعودية للنشر والتوزيع. جدة.
- الكريّم، صالح. الفيفي، محمد. الخلايا الجذعية، مجلة الإعجاز العلمي، العدد ١١ (١٤٢٢هـ).
- الكريّم، صالح بن عبدالعزيز. التوأم ولغز التشابه، مجلة الإعجاز العلمي، العدد ١٣ (١٤٢٣هـ).
- الهيئة العالمية للإعجاز العلمي في القرآن والسنّة، كتاب الأجنة تحقيق الدكتور مصطفى عبدالمنعم/ ١٤٢٩هـ.

المراجع الأجنبية:

- Abe, S. (1988), Cell culture of Spermatogenic cells from Amphbians. Development, Growth & Differ. 30 (3), 209-218.
- Arey, L. (1974), Developmental Anatomy. Seventh edition. Saunders Company.
- Austin, C and Short, R. (1982), Reproduction in mammals: Embryonic and fetal development. Cambridge Univer. Press.
- Balinsky, B.(1981), An Introduction to embryology. Fifth edition. Saundres College Publishing.
- Bodemer, C.(1968), Modern Embryology. Holt, Rinehart and Winston, Inc.
- Browder, L. (1980), Development Biolog. Saunders college. Philadelphia.
- Chilton L. (2004), Age and length at first maturity of northen rockfish caught in the central Gulf of Alaska, AFSC Quartery Research Reports
- Delpino, E.(1989), Marsupial Frogs, Scientific American, may.
- Ede, D.(1978), An Introduction to Developmental Biology. Blackie & Son Limited.
- El- Banhawy et al., (1981) Text Book of Zoology fifth edition, Dar Almaaref
- Fawcett, D.(1975), The mammalian spermatozoan. Dev. Bid. 44, 394-436.
- Gilbert, 1997, Developmental Biology 5th edition, Sinauer Associates
- Gilbert, 2003, Developmental Biology 7th edition, Sinauer Associates
- Gilbert (2006), Developmental biology, 8th edition Sinauer Associates, Inc. publishers
- Grant,P.(1978), Biology of Developing systems. Holt-Saunders International Education.
- Grobstein, C.(1979), External Human Fertilization, Scientific American 240 No. 6
- Grotewold L. and Rüther U. (2002), The Wnt antagonist Dickkopf-1 is regulated by Bmp signaling and c-Jun and modulates programmed cell death. The EMBO Journal, 21, 966–975.
- Hafftер, P. et al. 1996. The identification of genes with unique and essential functions in the development of the zebrafish, Danio rerio. Development 123: 1-36.
- Hammond, J.(1983), Farm animals, fifth edition, Edward Arnold Ltd.
- Hertig,A, and Rock..(1945), Two human ova of the previllous stage, having a developmental age of about 7 and 9 days respectively. Carnegie Cont. to emb., 33, 169-186.
- Hisaoka, k., and Battle, M..(1958), Pattern of cleavage in bony fishes. J. Morphol. 102, 311.
- Hopper, A. and Hart, N.(1985), Foundations of animal Development. Second Edition, Oxford University press.
- Hodges, R..(1974), The histology of the Fowl. Academic press London, New York.
- Huettner, A.(1949), Fundamentals of comparative Embryology of vertebrates. Macmillan Co. New York.
- Kamel, A and El-Sayde.M. (1964), Congenital abnormalities in off spring of thalidomide treated Hens. Proc. Egyp. Acad. Sci. 18, 33-35.
- Karim, S.(1993), A stereoscan study of the origin of ciliated cells in the embryonic eqidermis of Bufo orientalis. Research in education. K.A.U 6: 51-57.

- Karim, S. (1998), Macroscopic and microscopic anatomy of the hemipenis of the snake Bitis arietans arietans Research in education K.A.U., 10:25-38
- Kim et al., (1995), stages of embryonic development of the zebrafish. Dev. Dyn, 203: 253-310.
- Maclean, N.(1977), The differentiation of cells. Edward Arnold.
- Mary S. Tyler and Ronald N. Kozlowski, (2006)Vade Mecum2 a CD, Sinauer.
- Mathews, W.(1976), Atlas of descriptive embryology Macmillan Publishion Co. New York.
- Moore, K. (1982), The developing Human. With Islamic Additions A bdul-Majeed A. Azzindani Third Edition. Sanuders. Dar Al-Qibla.
- Nakamura, S., Ohim, C. and Kojima, M. (1989), Effect of zinc Ion Formation of Fertilization Membrane in Sea Urchin eggs. Zool. Sce, 6: 329-333.
- Nilsson, L. (1981), A child is Bord, Faber & Faber.
- Oppenheimer, S. and Lefever, G. (1984), Introduction to embryonic development. Second Edition, Allyn and Bacon.
- Olivera C., Zanetoni C., and Zieri R. (2002), Morphological observations on the testes of Physalaemus cuvieri (Amphibia, Anura). Rev. Chil. Anat., 20(3):263-268,
- Patten, B and Carlson, B. (1974), Foundations of Embryology. Third Edition. MeGraw-Hill book comp.
- Purves W., Sadava D., Orians G., Heller H. (2004), Life, the science of Biology 7 th ed. Sinauer associates.
- Raven &Johnson (2002) Biology 6th edition, Mc Graw-Hill
- Salamoni, A.(1985), Teratogenic effect of magnesium chloride on the development of chick embryos. Msc thesis, K.A.U
- Saunders, J. (1982), Developmental Biology. Macmillan publishing.
- Test-tube babies: Advice medical Journal. 1958.
- Torrey, Tand Feduccia, A. (1979), Morphogenesis of the Vertebrates Fourth edition. Jhon Wiley & Sons.
- Van Tyne & Berger, A. (1976), Fundamentals of ornithology. Jhon Wiley & Sons. New York London.
- Wallbot, Vand Holder, N. (1987), Developmental Biology. Random house, New York.
- Wassarman, Paul (1988), Fertilization in Mammals Scientific American, Decenber.
- Wolpert L.(2002), Principles of Development, Seconnd Edition, Oxford University Press
- Wolpert L.(2007), Principles of Development, third edition, Oxford University press

مراجع الشبكة العنكبوتية:

- www.accessorystructuresmail.med.uppen.edu
- www.anatomy.iupui.edu
- www.biocourse.com
- www.britanica.com
- www.commons.wikimedia.org
- www.dermatology.cdlib.org
- www.education.vemed.vt.edu
- www.herkules.oulu.fi
- www.embryology.med.unsw.edu.au
- www.encarts.msn.com
- www.commons.wikimedia.org
- www.people.eku.edu
- www.user.gru.net
- www.derma.uni-jena.de
- www.med.unc.edu
- www.microscopy-uk.org.uk
- www.ncbi.nlm.nih.gov
- www.skullsunlimited.com
- www.trentu.ca
- www.humanillness.com
- www.daviddarling.info
- www.micro.magnet.fsu.edu
- www.nationalgeographic.com
- www.people.eku.edu
- www.spermbankcalifornia.com
- www.thalidomide.com
- www.abc.net.au
- www.biotopics.co.uk
- www.corante.com
- www.hpha.ca
- www.infovisual.info
- www.itmonline.org
- www.learner.org
- www.nttbc.com
- www.newcastle,edu.au
- www.talbotcentral.ucr.edu
- www.uoguelph.ca

مراجع للقراءة الإضافية (الخلايا الجذعية):

- www.cordlood.com
- www.duckandcats.com
- www.latimes.com
- www.msnbc.com
- www.news.wisc.edu
- www.newscientist.com
- www.nih.gov
- www.stem-cell.com
- www.sunspot.net
- www.t-therapeutic.com
- www.usatoday.com
- www.usnews.com

مراجع للقراءة الإضافية (التوأم ولغز التشابه):

- الكريّم، صالح بن عبدالعزيز (١٩٩٠) المدخل إلى علم الأجنة الوصفي والتجريبي. دار المجتمع.
- السلطي، هناء بدر (١٤١١). المجلة العربية. رجب.
- www.nomotc.org
- www.nomotc.org
- www.twinshome.cjb.net
- www.twinsworld.com
- www.nomotc.org
- www.psych.umn.edu
- John Mclachlan (1994) Medical embryolog. Addison-wesley

الفهرس



إ.د. صالح عبد العزيز الكريم

- من مواليد المدينة المنورة.
- حصل على الدكتوراه من جامعة نوتنجهام.
- متخصص في علم الأجنة وزراعة الخلايا.
- تدرج حتى نال الأستاذية (بروفيسور).
- عمل وكيلاً للدراسات العليا والبحث العلمي في كلية العلوم لثلاث فترات.
- عمل عميداً لشؤون الطلاب في جامعة الملك عبد العزيز لفترتين.
- أسس وشارك في العديد من اللجان والعمال
- العليا الأساسية والفرعية في الجامعة.
أشرف وناقش أكثر من أربعين رسالة دكتوراه و ماجستير.

المؤلفـات

إ.د. صالح عبد العزيز الكريم

الكتب العلمية:

- المدخل إلى علم الأجنة الوصفي والتجريبي.
- علم الأجنة العملي للفقاريات.
- الهندسة الوراثية.
- الاستنساخ.
- التدخين .. إقلاع أو هبوط.
- الدراسات العليا في المملكة العربية السعودية.
- علم الأجنة الوصفي المقارن.
- علم الأجنة التجريبي.
- زراعة الخلايا والأنسجة.
- رحلة الحمل والولادة .. خطوة بخطوة.

الكتب الثقافية والاجتماعية

- نعم القول ما قالت لميس.
- الجامعات وبناء الذات.
- أضواء علمية.
- أضواء أدبية
- دمعة في يوم الجمعة.

skarim@kau.edu.sa

د. فاطمة بنت محمد سعد بن ناظم القدسي

- بكالوريوس علوم الأحياء جامعة الملك عبد العزيز.
- ماجستير زراعة الخلايا جامعة الملك عبد العزيز.
- دكتوراه علم الأجنة جامعة بورتسموث .
- استاذ مساعد علم الأجنة وزراعة الخلايا.
- مشرفة قسم علوم الأحياء - كلية العلوم .
- عملت وكيلة لمعهد اللغة الانجليزية .
- أشرفت وناقشت بعض رسائل الماجستير.
- شاركت في بعض اللجان الإدارية والأكاديمية.

falqudsi@kau.edu.sa

مكتبة الشقري
Al-Shegrey Bookstore

الشقري
ALSHEGREY

الشقري
ALSHEGREY
للنشر والخدمات الجامعية المتطورة
Publishing & Advanced University Services